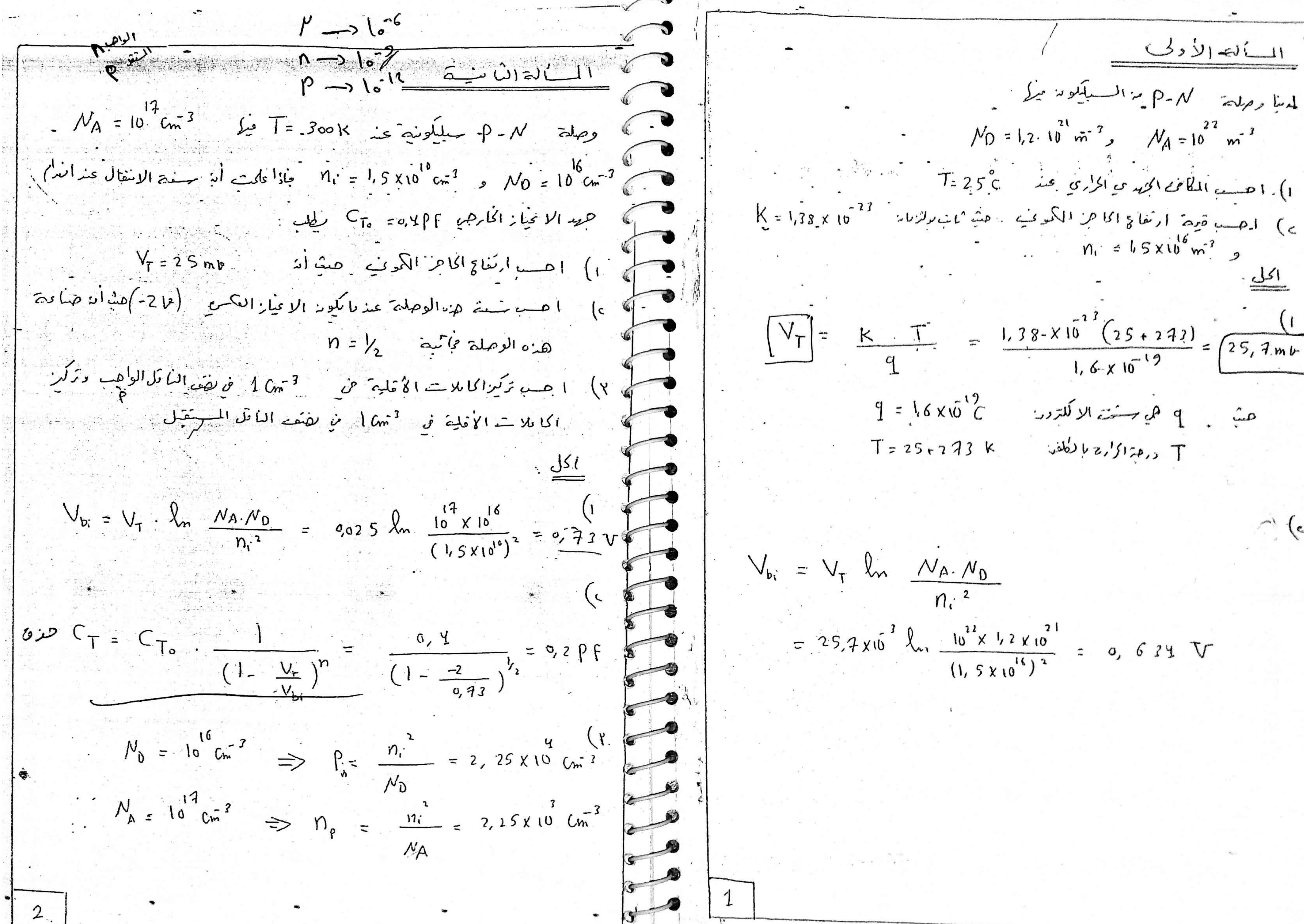


المسألة الأولى

لدينا وصلة P-N من السيليكون فيها

$N_A = 10^{22}\ m^{-3}$ و $N_D = 1{,}2\cdot 10^{21}\ m^{-3}$

1) احسب المكافئ الجهدي الحراري عند $T = 25^\circ C$

2) احسب قيمة ارتفاع الحاجز الكموني. حيث ثابت بولتزمان $K = 1{,}38\times 10^{-23}$ و $n_i = 1{,}5\times 10^{16}\ m^{-3}$

الحل

1)

$$V_T = \frac{K\cdot T}{q} = \frac{1{,}38\times 10^{-23}(25+273)}{1{,}6\times 10^{-19}} = 25{,}7\ mV$$

حيث q هي شحنة الالكترون $q = 1{,}6\times 10^{-19}\ C$

T درجة الحرارة بالكلفن $T = 25+273\ K$

2)

$$V_{bi} = V_T \ln \frac{N_A\cdot N_D}{n_i^2}$$

$$= 25{,}7\times 10^{-3} \ln \frac{10^{22}\times 1{,}2\times 10^{21}}{(1{,}5\times 10^{16})^2} = 0{,}634\ V$$

الواهب n

المتقبل p

$\mu \to 10^{-6}$

$n \to 10^{-9}$

$p \to 10^{-12}$

المسألة الثانية

وصلة P-N سيليكونية عند $T = 300K$ فيها $N_A = 10^{17}\ cm^{-3}$.

و $N_D = 10^{16}\ cm^{-3}$ و $n_i = 1{,}5\times 10^{10}\ cm^{-3}$ فإذا علمت أن سعة الانتقال عند انعدام جهد الانحياز الخارجي $C_{T_0} = 0{,}4\ pF$ والمطلوب:

1) احسب ارتفاع الحاجز الكموني. حيث أن $V_T = 25\ mV$

2) احسب سعة هذه الوصلة عندما يكون الانحياز العكسي (-2V) حيث أن هذه الوصلة فجائية $n = 1/2$

3) احسب تركيز الحاملات الأقلية في $1\ cm^{-3}$ في نصف الناقل الواهب وتركيز الحاملات الأقلية في $1\ cm^{3}$ في نصف الناقل المستقبل

الحل

1)

$$V_{bi} = V_T \cdot \ln \frac{N_A\cdot N_D}{n_i^2} = 0{,}025 \ln \frac{10^{17}\times 10^{16}}{(1{,}5\times 10^{10})^2} = 0{,}73\ V$$

2)

$$C_T = C_{T_0}\cdot \frac{1}{\left(1-\frac{V_r}{V_{bi}}\right)^n} = \frac{0{,}4}{\left(1-\frac{-2}{0{,}73}\right)^{1/2}} = 0{,}2\ pF$$

3)

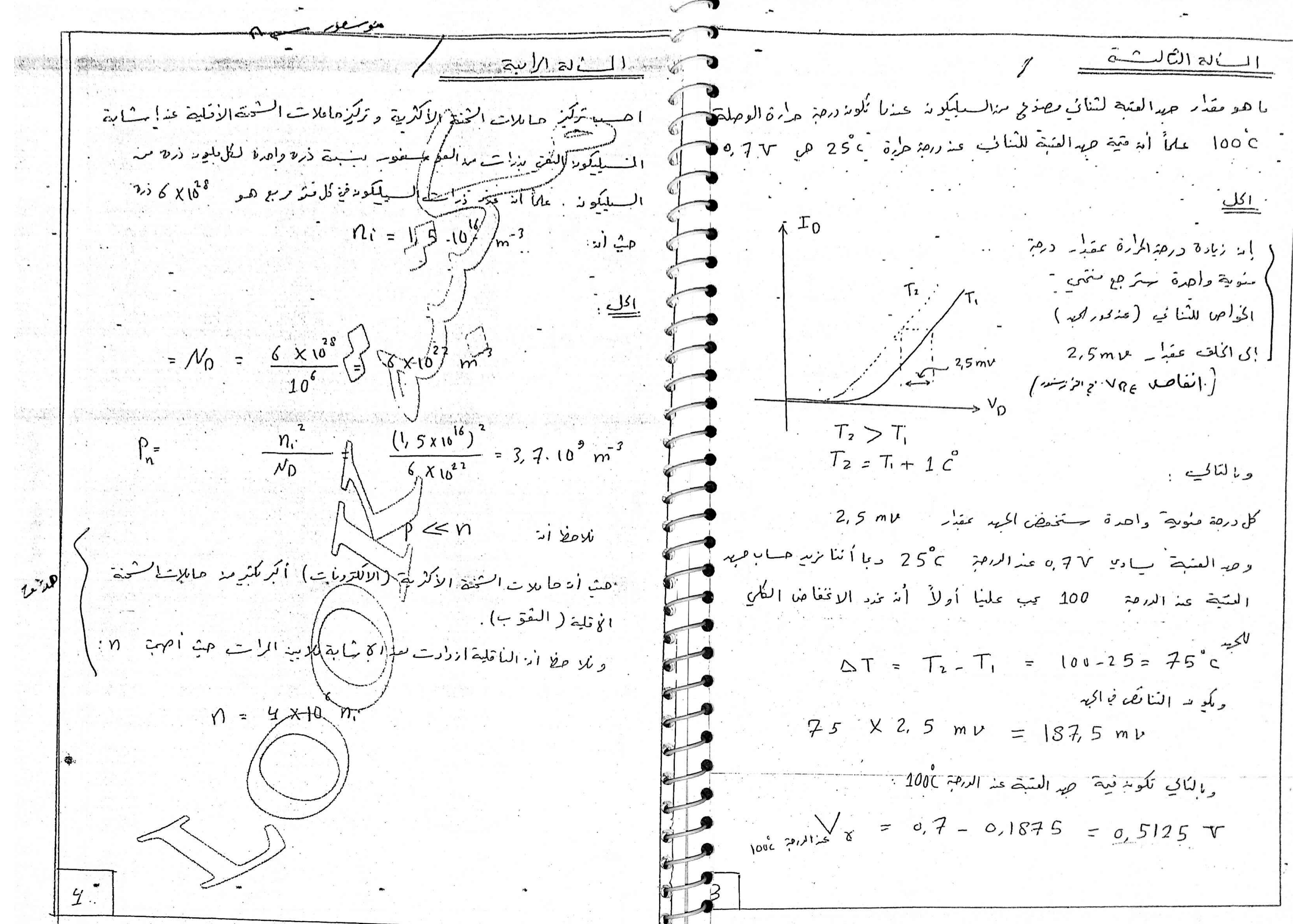
$$N_D = 10^{16}\ cm^{-3} \Rightarrow p_n = \frac{n_i^2}{N_D} = 2{,}25\times 10^{4}\ cm^{-3}$$

$$N_A = 10^{17}\ cm^{-3} \Rightarrow n_p = \frac{n_i^2}{N_A} = 2{,}25\times 10^{3}\ cm^{-3}$$

السؤال الثالث

ما هو مقدار جهد العتبة لثنائي مصنوع من السيليكون عندما تكون درجة حرارة الوصلة $100^\circ C$ علماً أن قيمة جهد العتبة للثنائي عند درجة حرارة $25^\circ C$ هي $0,7\ V$

الحل:



إن زيادة درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة سترجع منحني الخواص للثنائي (عند محور الجهد) إلى الخلف بمقدار $2,5\ mV$ (انفصال V_{BE} في الترانزستور)

$$T_2 > T_1$$
$$T_2 = T_1 + 1\ C^\circ$$

وبالتالي:

كل درجة مئوية واحدة ستخفض الجهد بمقدار $2,5\ mV$

وجهد العتبة يساوي $0,7\ V$ عند الدرجة $25^\circ C$ وبما أننا نريد حساب جهد العتبة عند الدرجة 100 يجب علينا أولاً أن نحدد الانخفاض الكلي للجهد

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 100 - 25 = 75^\circ C$$

ويكون النقص في الجهد

$$75 \times 2,5\ mV = 187,5\ mV$$

وبالتالي تكون قيمة جهد العتبة عند الدرجة $100^\circ C$:

$$V_\gamma \text{ (عند الدرجة } 100^\circ C) = 0,7 - 0,1875 = 0,5125\ V$$

السؤال الرابع

احسب تركيز حاملات الشحنة الأكثرية وتركيز حاملات الشحنة الأقلية عند إشابة السيليكون النقي بذرات من الفوسفور بنسبة ذرة واحدة لكل مليون ذرة من السيليكون. علماً أن عدد ذرات السيليكون في كل متر مربع هو 6×10^{28} ذرة

حيث أن: $n_i = 1,5 \cdot 10^{16}\ m^{-3}$

الحل:

$$= N_D = \frac{6 \times 10^{28}}{10^6} = 6 \times 10^{22}\ m^{-3}$$

$$P_n = \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{(1,5 \times 10^{16})^2}{6 \times 10^{22}} = 3,7 \cdot 10^{9}\ m^{-3}$$

نلاحظ أن $p \ll n$

حيث أن حاملات الشحنة الأكثرية (الالكترونات) أكبر بكثير من حاملات الشحنة الأقلية (الثقوب).

ونلاحظ أن الناقلية ازدادت بعد الإشابة بلايين المرات حيث أصبح n:

$$n = 4 \times 10^{6}\ n_i$$

البورون

المسألة الخامسة

احسب مقاومة عينة من السيليكون بطول 1 مم ومقطع عرضي $6\ \mu m^2$ مع إشابة بالبورون $10^{18}\ cm^{-3}$، ثم احسب قيمة التيار المار عند تطبيق جهد قدره 5 فولت. والاستطاعة علماً أن قابلية الحركة للثقوب

$\mu_p = 96\ \frac{cm^2}{V.s}$ و $K_B = 1,38 \times 10^{-23}\ \frac{J}{K}$

الحل:

العينة السيليكونية أصبحت نوع P

$$\sigma = \sigma_p = q \cdot N_A \cdot \mu_p$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma_p} = \frac{1}{q \cdot N_A \cdot \mu_p} = \frac{1}{1,6 \times 10^{-19} \times 10^{18} \times 96} = 0,065\ \Omega\ cm$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A_{cm}} = 0,065 \times \frac{1 \times 10^{-1}}{6 \times 10^{-8}} = 108.3\ K\Omega$$

$\mu m \rightarrow \times 10^{-4}$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5}{108.3} = 0,0461\ mA$$

$$P = I^2 \cdot R = (0,0461 \times 10^{-3})^2 \times 108,3 \times 10^3$$

$$P = 0,023\ W$$

المسألة السادسة

احسب المقاومة النوعية للجرمانيوم المشوب بمادة معطية بمعدل ذرة مانحة لكل 10^8 ذرة جرمانيوم علماً أن عدد ذرات الجرمانيوم لكل m^3 هو $4,43 \times 10^{28}\ m^{-3}$ و $n_i = 2,5 \times 10^{19}\ m^{-3}$ و $\mu_n = 0,36\ \frac{m^2}{V.s}$

الحل:

$$N_D = \frac{4,43 \times 10^{28}}{10^8} = 4,43 \times 10^{20}\ m^{-3}$$

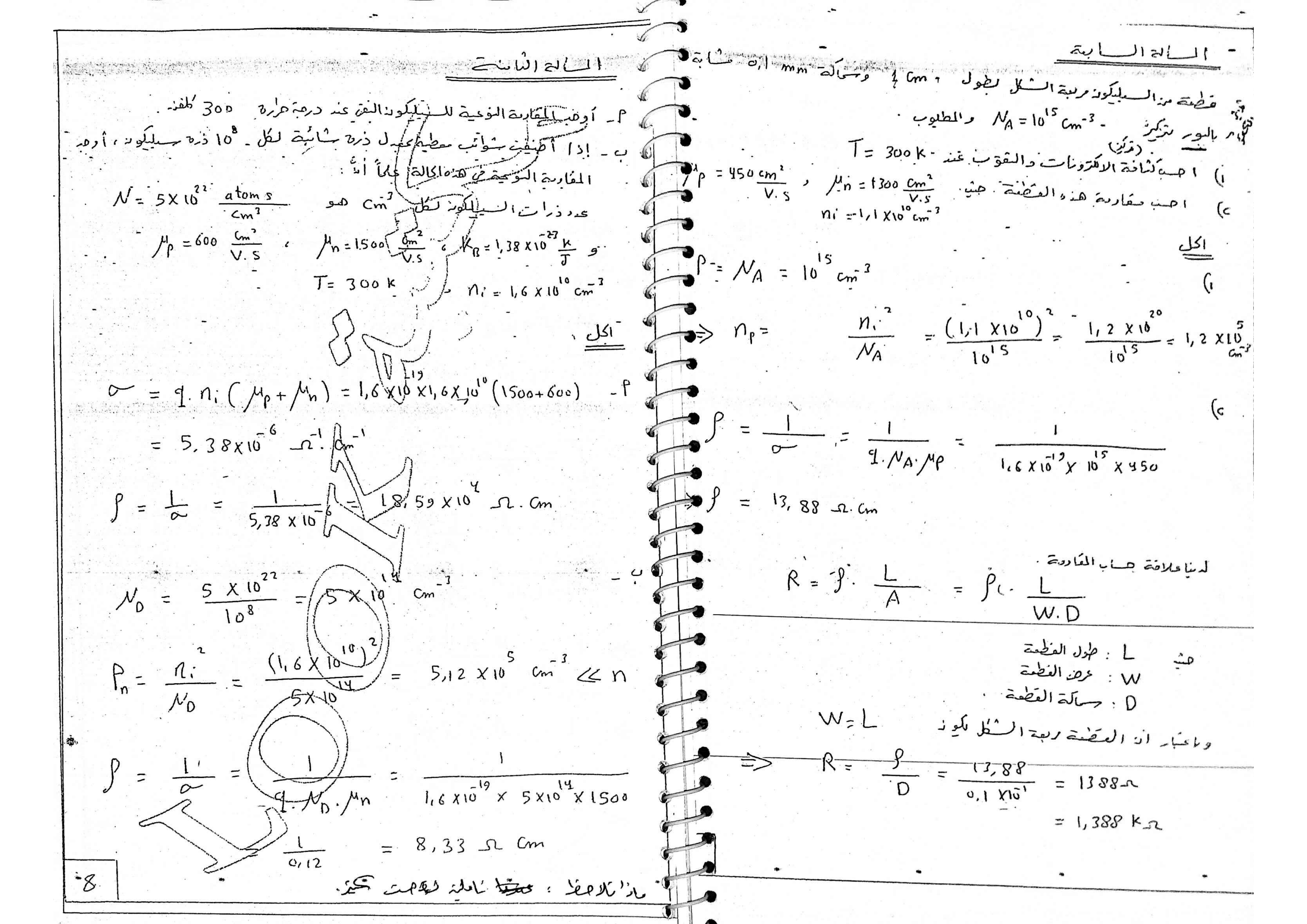
$$P_n = \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{(2,5 \times 10^{19})^2}{4,43 \times 10^{20}} = 4,41 \times 10^{18}\ m^{-3}$$

$$\sigma_n = q \cdot N_D \cdot \mu_n = 1,6 \times 10^{-19} \times 4,43 \times 10^{20} \times 0,36$$

$$= 25,5\ \Omega^{-1} m^{-1}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{25,5} = 3,9 \times 10^{-2}\ \Omega \cdot m$$

$$= 3.9\ \Omega\ cm$$



- المسألة السابعة

قطعة من السيليكون مربعة الشكل لطول 1 cm ، وسماكة 0,1 mm شائبة بالبور بتركيز (قبلي) $N_A = 10^{15}\ cm^{-3}$. والمطلوب :

1) احسب كثافة الالكترونات والثقوب عند $T = 300\ K$.

2) احسب مقاومة هذه القطعة . حيث $\mu_n = 1300\ \frac{cm^2}{V.s}$ ، $\mu_p = 450\ \frac{cm^2}{V.s}$
$n_i = 1,1 \times 10^{10}\ cm^{-3}$

الحل

1)

$$p = N_A = 10^{15}\ cm^{-3}$$

$$\Rightarrow n_p = \frac{n_i^2}{N_A} = \frac{(1,1 \times 10^{10})^2}{10^{15}} = \frac{1,2 \times 10^{20}}{10^{15}} = 1,2 \times 10^{5}\ cm^{-3}$$

2)

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q \cdot N_A \cdot \mu_p} = \frac{1}{1,6 \times 10^{-19} \times 10^{15} \times 450}$$

$$\Rightarrow \rho = 13,88\ \Omega.cm$$

لدينا علاقة حساب المقاومة .

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} = \rho \cdot \frac{L}{W.D}$$

حيث

L : طول القطعة

W : عرض القطعة

D : سماكة القطعة .

وباعتبار ان القطعة مربعة الشكل يكون $W = L$

$$\Rightarrow R = \frac{\rho}{D} = \frac{13,88}{0,1 \times 10^{-1}} = 1388\ \Omega$$

$$= 1,388\ k\Omega$$

المسألة الثامنة

أ - أوجد المقاومة النوعية للسيليكون النقي عند درجة حرارة 300 كلفن .

ب - إذا أضيفت شوائب معطية بمعدل ذرة شائبة لكل 10^8 ذرة سيليكون ، أوجد المقاومة النوعية في هذه الحالة علماً أنَّ :

عدد ذرات السيليكون لكل cm^{-3} هو $N = 5 \times 10^{22}\ \frac{atoms}{cm^3}$

$\mu_p = 600\ \frac{cm^2}{V.s}$ ، $\mu_n = 1500\ \frac{cm^2}{V.s}$ ، $K_B = 1,38 \times 10^{-23}\ \frac{K}{J}$ و

$T = 300\ K$ ، $n_i = 1,6 \times 10^{10}\ cm^{-3}$

الحل

أ -

$$\sigma = q \cdot n_i (\mu_p + \mu_n) = 1,6 \times 10^{-19} \times 1,6 \times 10^{10} (1500 + 600)$$

$$= 5,38 \times 10^{-6}\ \Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{5,38 \times 10^{-6}} = 1,859 \times 10^{4}\ \Omega.cm$$

ب -

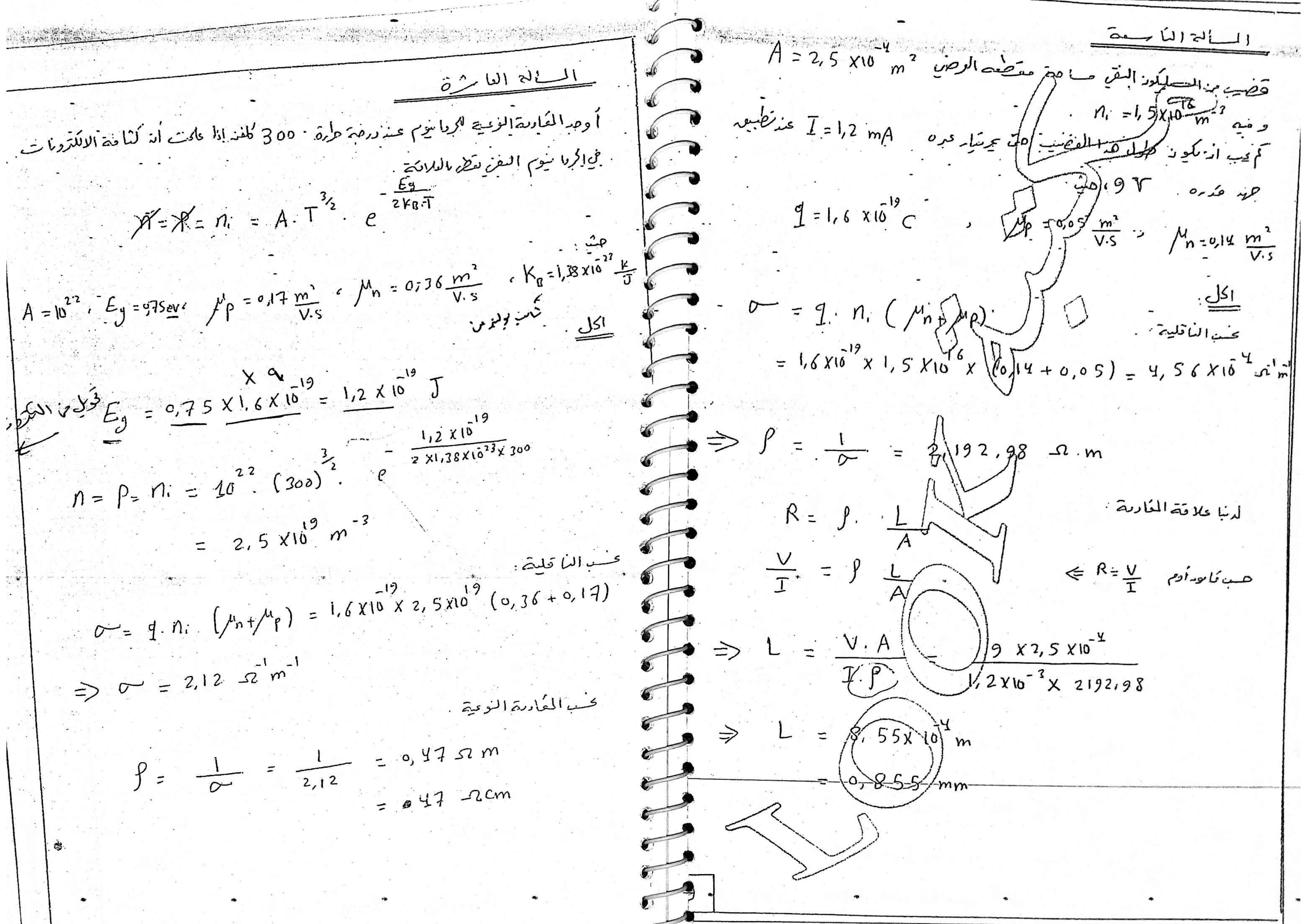
$$N_D = \frac{5 \times 10^{22}}{10^8} = 5 \times 10^{14}\ cm^{-3}$$

$$P_n = \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{(1,6 \times 10^{10})^2}{5 \times 10^{14}} = 5,12 \times 10^{5}\ cm^{-3} \ll n$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{q \cdot N_D \cdot \mu_n} = \frac{1}{1,6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{14} \times 1500}$$

$$= \frac{1}{0,12} = 8,33\ \Omega\ cm$$

ماذا تلاحظ : ~~تحتها~~ ناقلية الشوائب كبيرة .



المسألة التاسعة

قضيب من السيليكون النقي مساحة مقطعه العرضي $A = 2,5 \times 10^{-4}\ m^2$ وفيه $n_i = 1,5 \times 10^{16}\ m^{-3}$

كم يجب أن يكون طول هذا القضيب حتى يمر تيار شدته $I = 1,2\ mA$ عند تطبيق جهد قدره $9V$، حيث:

$q = 1,6 \times 10^{-19}\ C$ ، $\mu_p = 0,05\ \frac{m^2}{V.s}$ ، $\mu_n = 0,14\ \frac{m^2}{V.s}$

الحل:

نحسب الناقلية:

$$\sigma = q \cdot n_i (\mu_n + \mu_p)$$

$$= 1,6 \times 10^{-19} \times 1,5 \times 10^{16} \times (0,14 + 0,05) = 4,56 \times 10^{-4}\ \Omega^{-1} m^{-1}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{1}{\sigma} = 2192,98\ \Omega . m$$

لدينا علاقة المقاومة:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \Leftarrow R = \frac{V}{I} \text{ حسب قانون أوم}$$

$$\Rightarrow L = \frac{V . A}{I . \rho} = \frac{9 \times 2,5 \times 10^{-4}}{1,2 \times 10^{-3} \times 2192,98}$$

$$\Rightarrow L = 8,55 \times 10^{-4}\ m$$

$$= 0,855\ mm$$

المسألة العاشرة

أوجد المقاومة النوعية للجرمانيوم عند درجة حرارة 300 كلفن إذا علمت أن كثافة الالكترونات في الجرمانيوم النقي تعطى بالعلاقة

$$n = p = n_i = A . T^{3/2} . e^{-\frac{E_g}{2 K_B . T}}$$

حيث: $A = 10^{22}$ ، $E_g = 0,75\ eV$ ، $\mu_p = 0,17\ \frac{m^2}{V.s}$ ، $\mu_n = 0,36\ \frac{m^2}{V.s}$ ، $K_B = 1,38 \times 10^{-23}\ \frac{K}{J}$ ثابت بولتزمن

الحل.

تحويل من الالكترون فولت:

$$E_g = 0,75 \times 1,6 \times 10^{-19} = 1,2 \times 10^{-19}\ J$$

$$n = p = n_i = 10^{22} . (300)^{3/2} . e^{-\frac{1,2 \times 10^{-19}}{2 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 300}}$$

$$= 2,5 \times 10^{19}\ m^{-3}$$

نحسب الناقلية:

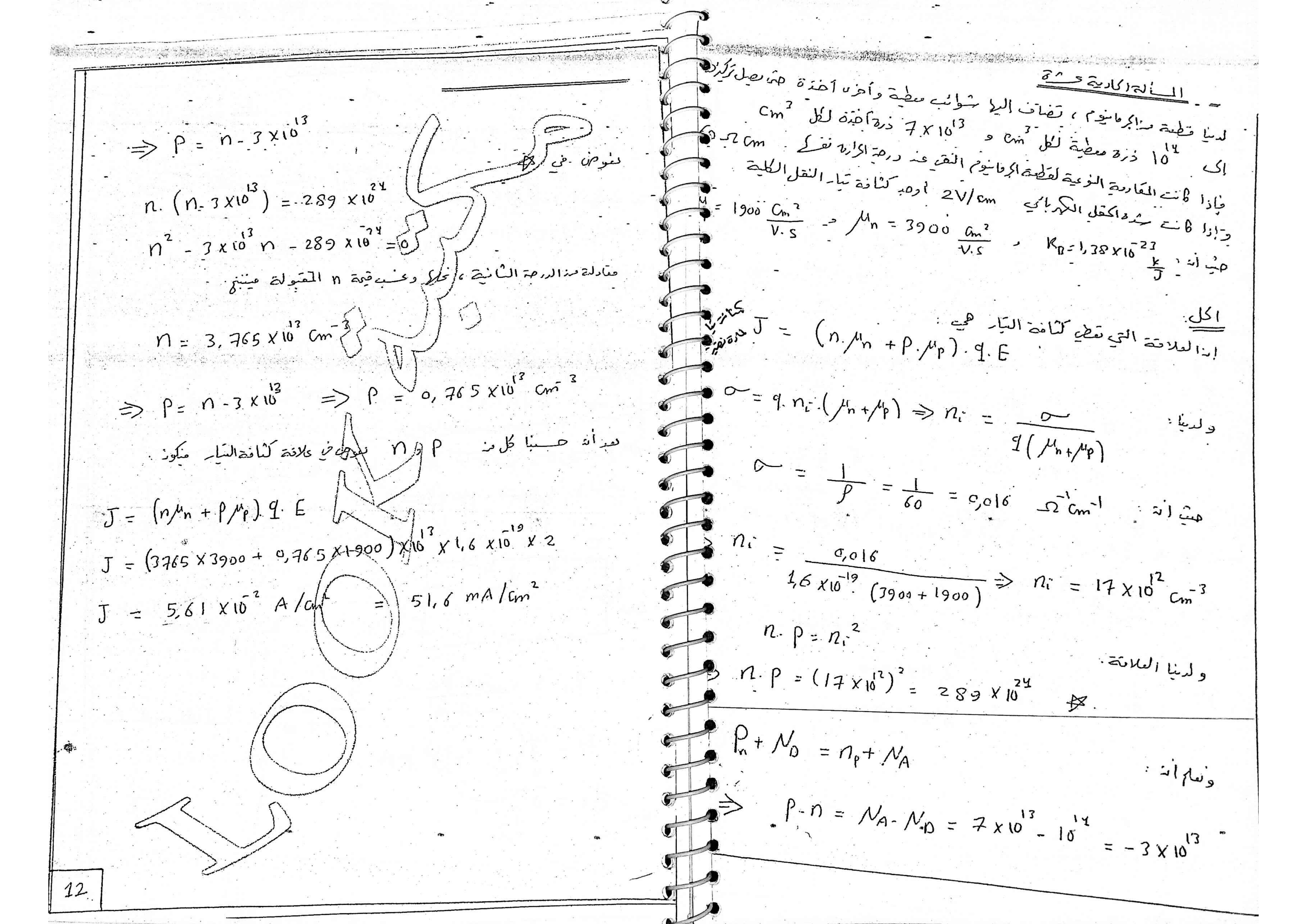
$$\sigma = q . n_i (\mu_n + \mu_p) = 1,6 \times 10^{-19} \times 2,5 \times 10^{19} (0,36 + 0,17)$$

$$\Rightarrow \sigma = 2,12\ \Omega^{-1} m^{-1}$$

نحسب المقاومة النوعية.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{2,12} = 0,47\ \Omega m$$

$$= 47\ \Omega cm$$



المسألة الحادية عشرة

لدينا قطعة من الجرمانيوم، تضاف إليها شوائب معطية وأخرى آخذة مما يصل تركيز 10^{14} ذرة معطية لكل cm^{3} و 7×10^{13} ذرة آخذة لكل cm^{3} إلى

فإذا كانت المقاومة النوعية لقطعة الجرمانيوم النقي عند درجة الحرارة نفسها $60\ \Omega\cdot cm$

وإذا كانت شدة الحقل الكهربائي $2V/cm$ أوجد كثافة تيار النقل الكلية

حيث أن: $K_B=1,38\times10^{-23}\ \frac{k}{J}$ ، $\mu_n = 3900\ \frac{cm^2}{V.s}$ ، $\mu_p = 1900\ \frac{cm^2}{V.s}$

الحل:

إن العلاقة التي تعطي كثافة التيار هي:

كثافة تيار الانجراف $J = (n.\mu_n + p.\mu_p).q.E$

ولدينا:

$$\sigma = q.n_i.(\mu_n+\mu_p) \Rightarrow n_i = \frac{\sigma}{q(\mu_n+\mu_p)}$$

حيث أن:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{60} = 0,016\ \Omega^{-1}cm^{-1}$$

$$n_i = \frac{0,016}{1,6\times10^{-19}\cdot(3900+1900)} \Rightarrow n_i = 17\times10^{12}\ cm^{-3}$$

ولدينا العلاقة:

$$n.p = n_i^2$$

$$n.p = (17\times10^{12})^2 = 289\times10^{24}$$ ☆

ونعلم أنه:

$$P_n + N_D = n_p + N_A$$

$$\Rightarrow p-n = N_A - N_D = 7\times10^{13} - 10^{14} = -3\times10^{13}$$

$$\Rightarrow p = n - 3\times10^{13}$$ نعوض في ☆

$$n.(n-3\times10^{13}) = 289\times10^{24}$$

$$n^2 - 3\times10^{13}n - 289\times10^{24} = 0$$

معادلة من الدرجة الثانية، نحلها ونحسب قيمة n المقبولة فينتج:

$$n = 3,765\times10^{13}\ cm^{-3}$$

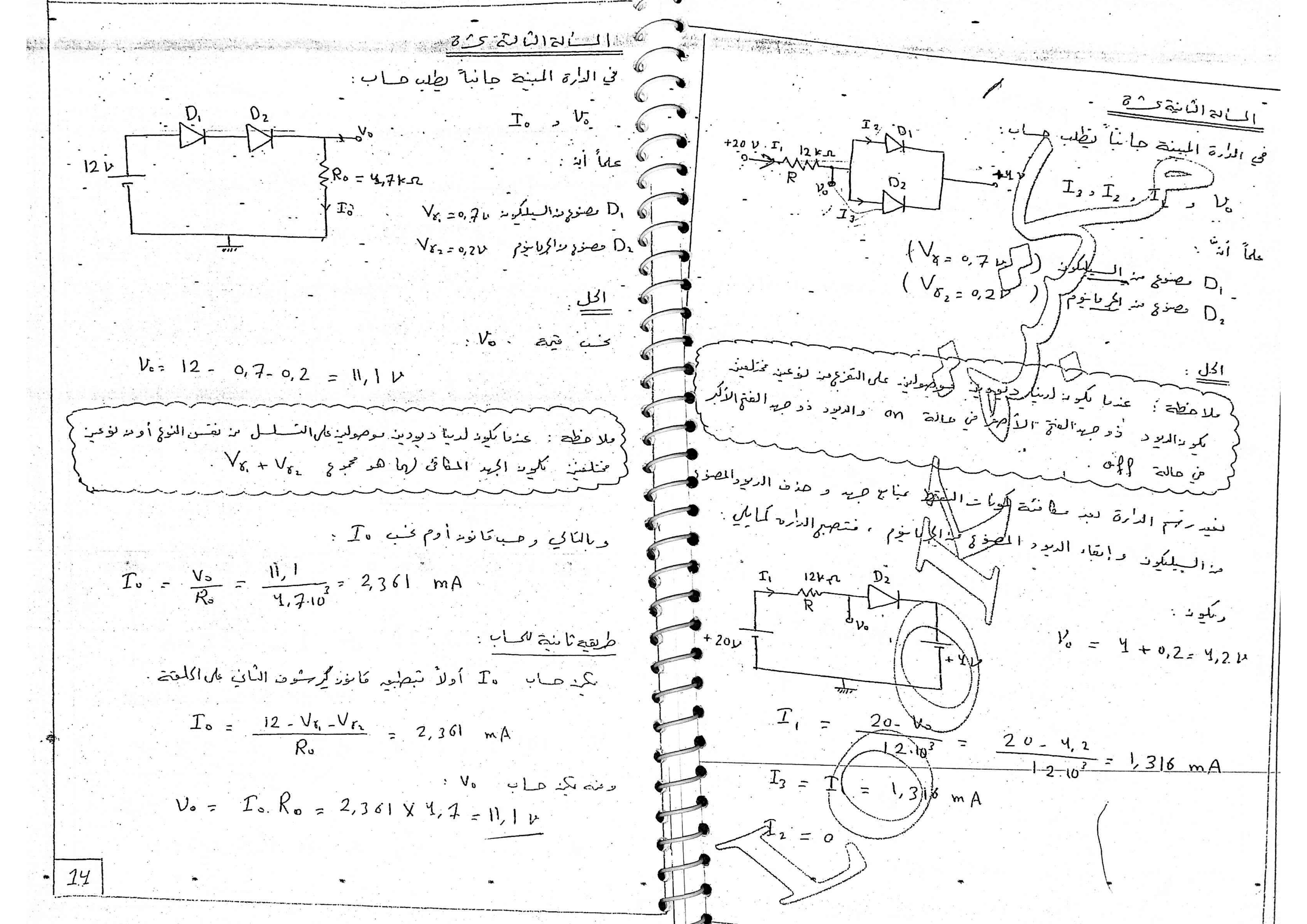
$$\Rightarrow p = n - 3\times10^{13} \Rightarrow p = 0,765\times10^{13}\ cm^{-3}$$

بعد أن حسبنا كل من p و n نعوض في علاقة كثافة التيار فيكون:

$$J = (n\mu_n + p\mu_p).q.E$$

$$J = (3765\times3900 + 0,765\times1900)\times10^{13}\times1,6\times10^{-19}\times2$$

$$J = 5,61\times10^{-2}\ A/cm^2 = 51,6\ mA/cm^2$$



المسألة الثانية عشرة

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب:

V_0 و I و I_2 و I_3

علماً أنه:

D_1 مصنوع من السيليكون $(V_{\gamma_1} = 0,7\ V)$

D_2 مصنوع من الجرمانيوم $(V_{\gamma_2} = 0,2\ V)$

الحل:

ملاحظة: عندما يكون لدينا دايودين موصولين على التفرع من نوعين مختلفين يكون الديود ذو جهد الفتح الأصغر في حالة on والديود ذو جهد الفتح الأكبر في حالة off.

نعيد رسم الدارة بعد مكافئة الكمونات النقط بمنابع جهد و حذف الديود المصنوع من السيليكون و إبقاء الديود المصنوع من الجرمانيوم، فتصبح الدارة كما يلي:

ويكون:

$$V_0 = 4 + 0,2 = 4,2\ V$$

$$I_1 = \frac{20 - V_0}{12 \cdot 10^3} = \frac{20 - 4,2}{12 \cdot 10^3} = 1,316\ mA$$

$$I_3 = I = 1,316\ mA$$

$$I_2 = 0$$

المسألة الثالثة عشرة

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب:

V_0 و I_0

علماً أنه:

D_1 مصنوع من السيليكون $V_{\gamma_1} = 0,7\ V$

D_2 مصنوع من الجرمانيوم $V_{\gamma_2} = 0,2\ V$

الحل:

نحسب قيمة V_0:

$$V_0 = 12 - 0,7 - 0,2 = 11,1\ V$$

ملاحظة: عندما يكون لدينا دايودين موصولين على التسلسل من نفس النوع أو من نوعين مختلفين يكون الجهد المكافئ لهما هو مجموع $V_{\gamma_1} + V_{\gamma_2}$.

وبالتالي وحسب قانون أوم نحسب I_0:

$$I_0 = \frac{V_0}{R_0} = \frac{11,1}{4,7 \cdot 10^3} = 2,361\ mA$$

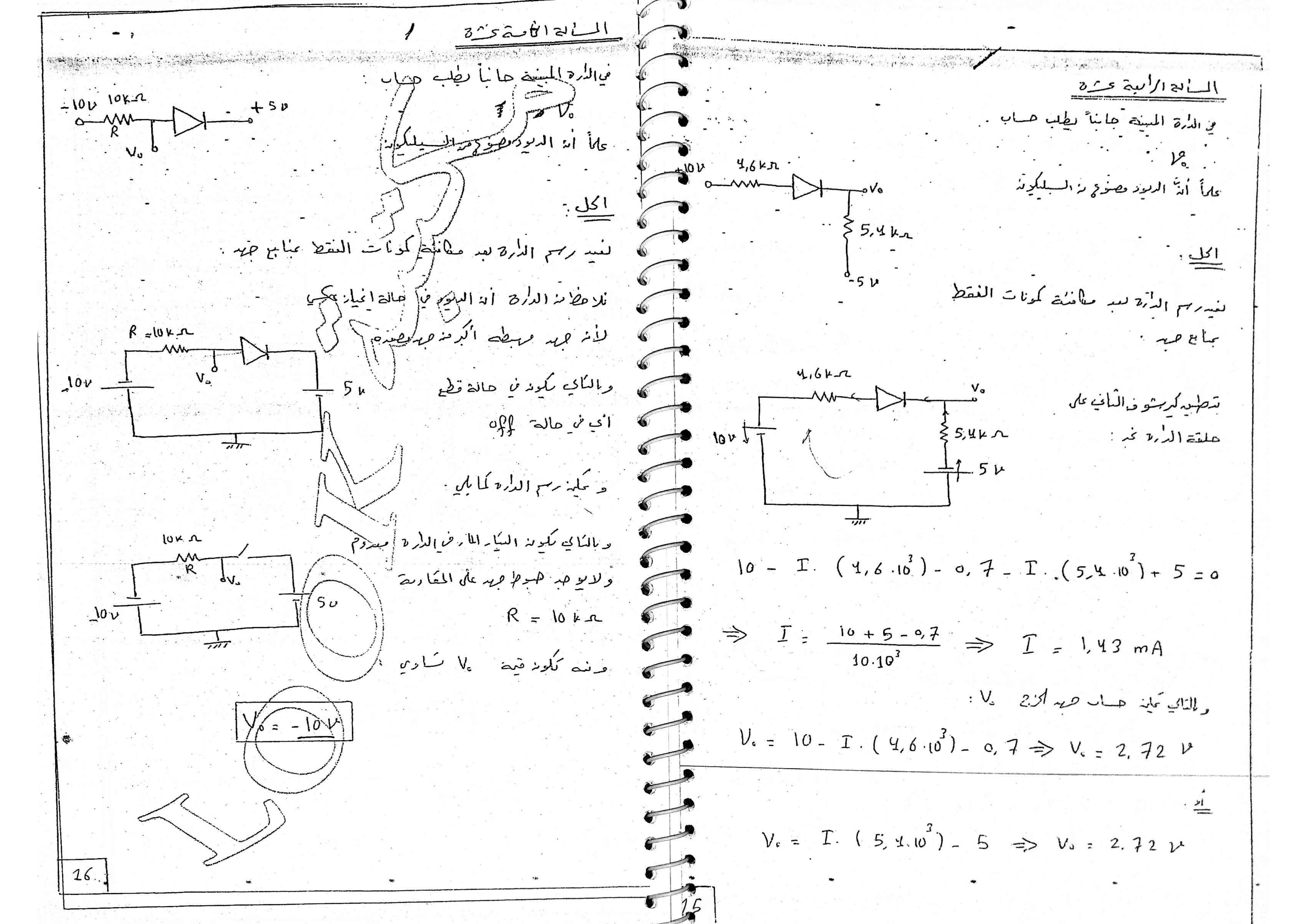
طريقة ثانية للحساب:

يمكن حساب I_0 أولاً بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على الحلقة.

$$I_0 = \frac{12 - V_{\gamma_1} - V_{\gamma_2}}{R_0} = 2,361\ mA$$

ومنه يمكن حساب V_0:

$$V_0 = I_0 . R_0 = 2,361 \times 4,7 = 11,1\ V$$



المسألة الرابعة عشرة

في الدارة المبينة جانباً يطلب حساب V_0 علماً أن الديود مصنوع من السيليكون

الحل:

نعيد رسم الدارة بعد مطابقة كمونات النقط بمنابع جهد:

بتطبيق كيرشوف الثاني على حلقة الدارة نجد:

$$10 - I\cdot(4{,}6\cdot10^{3}) - 0{,}7 - I\cdot(5{,}4\cdot10^{3}) + 5 = 0$$

$$\Rightarrow I = \frac{10+5-0{,}7}{10\cdot10^{3}} \Rightarrow I = 1{,}43\ mA$$

وبالتالي يمكن حساب جهد الخرج V_0:

$$V_0 = 10 - I\cdot(4{,}6\cdot10^{3}) - 0{,}7 \Rightarrow V_0 = 2{,}72\ V$$

أو:

$$V_0 = I\cdot(5{,}4\cdot10^{3}) - 5 \Rightarrow V_0 = 2{,}72\ V$$

المسألة الخامسة عشرة

في الدارة المبينة جانباً يطلب حساب V_0 علماً أن الديود مصنوع من السيليكون

الحل:

نعيد رسم الدارة بعد مطابقة كمونات النقط بمنابع جهد:

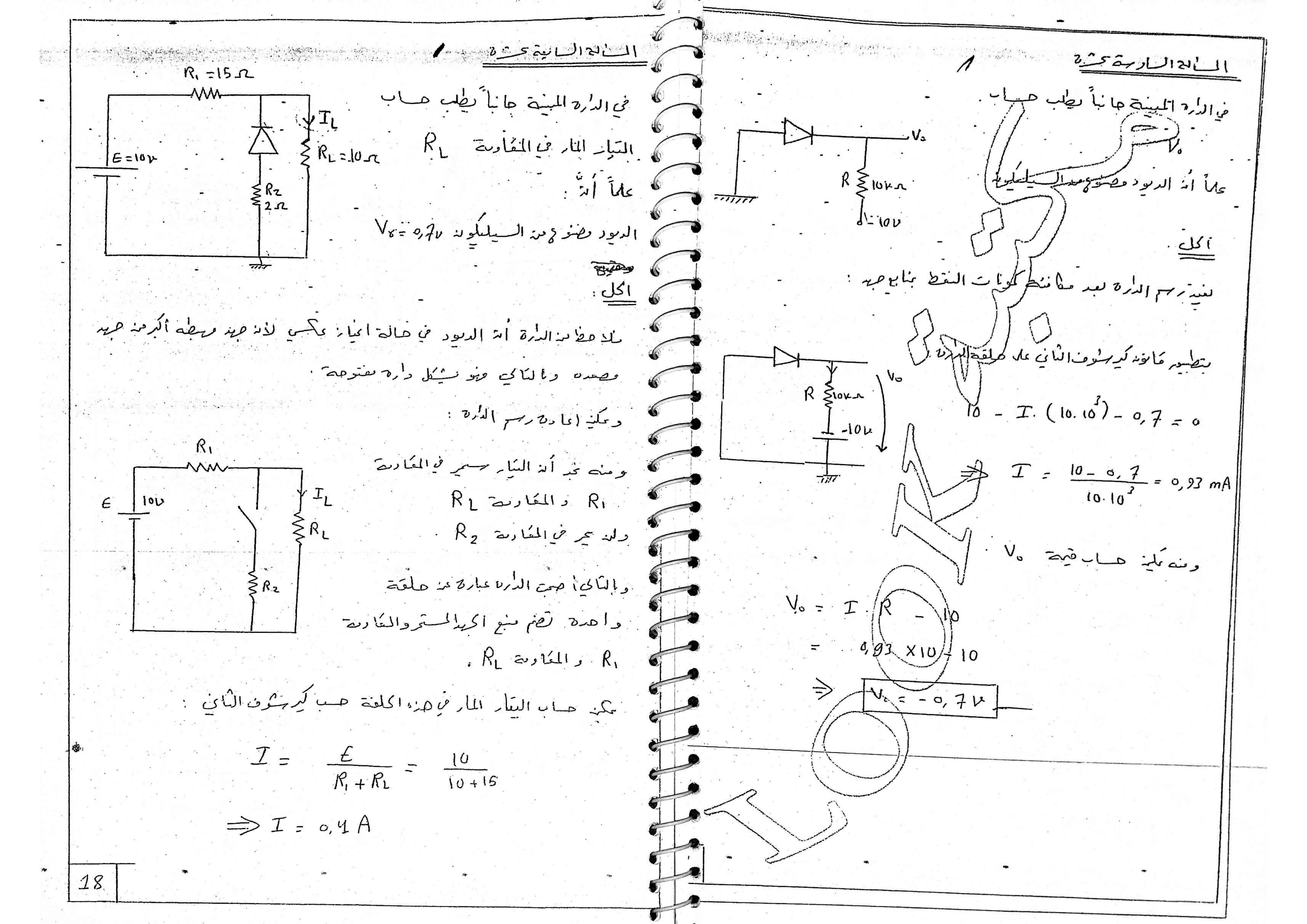
نلاحظ من الدارة أن الديود في حالة انحياز عكسي لأن جهد مهبطه أكبر من جهد مصعده وبالتالي يكون في حالة قطع أي في حالة off

ويمكن رسم الدارة كما يلي:

وبالتالي يكون التيار المار في الدارة معدوم ولا يوجد هبوط جهد على المقاومة $R = 10\ k\Omega$

ومنه تكون قيمة V_0 تساوي

$$V_0 = -10V$$



المسألة السادسة عشرة

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب V_0

علماً أن الديود مصنوع من السيليكون

الحل:

نعيد رسم الدارة بعد معاكسة كمونات النقط بنابع جهد:

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على حلقة الدارة

$$10 - I.(10.10^3) - 0,7 = 0$$

$$\Rightarrow I = \frac{10 - 0,7}{10.10^3} = 0,93\ mA$$

ومنه نكمل حساب قيمة V_0

$$V_0 = I . R - 10$$

$$= 0,93 \times 10 - 10$$

$$\Rightarrow \boxed{V_0 = -0,7V}$$

المسألة السابعة عشرة

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب

التيار المار في المقاومة R_L

علماً أن:

الديود مصنوع من السيليكون $V_\gamma = 0,7V$

الحل:

نلاحظ من الدارة أن الديود في حالة انحياز عكسي لأن جهد مهبطه أكبر من جهد مصعده وبالتالي فهو يشكل دارة مفتوحة.

ويمكن إعادة رسم الدارة:

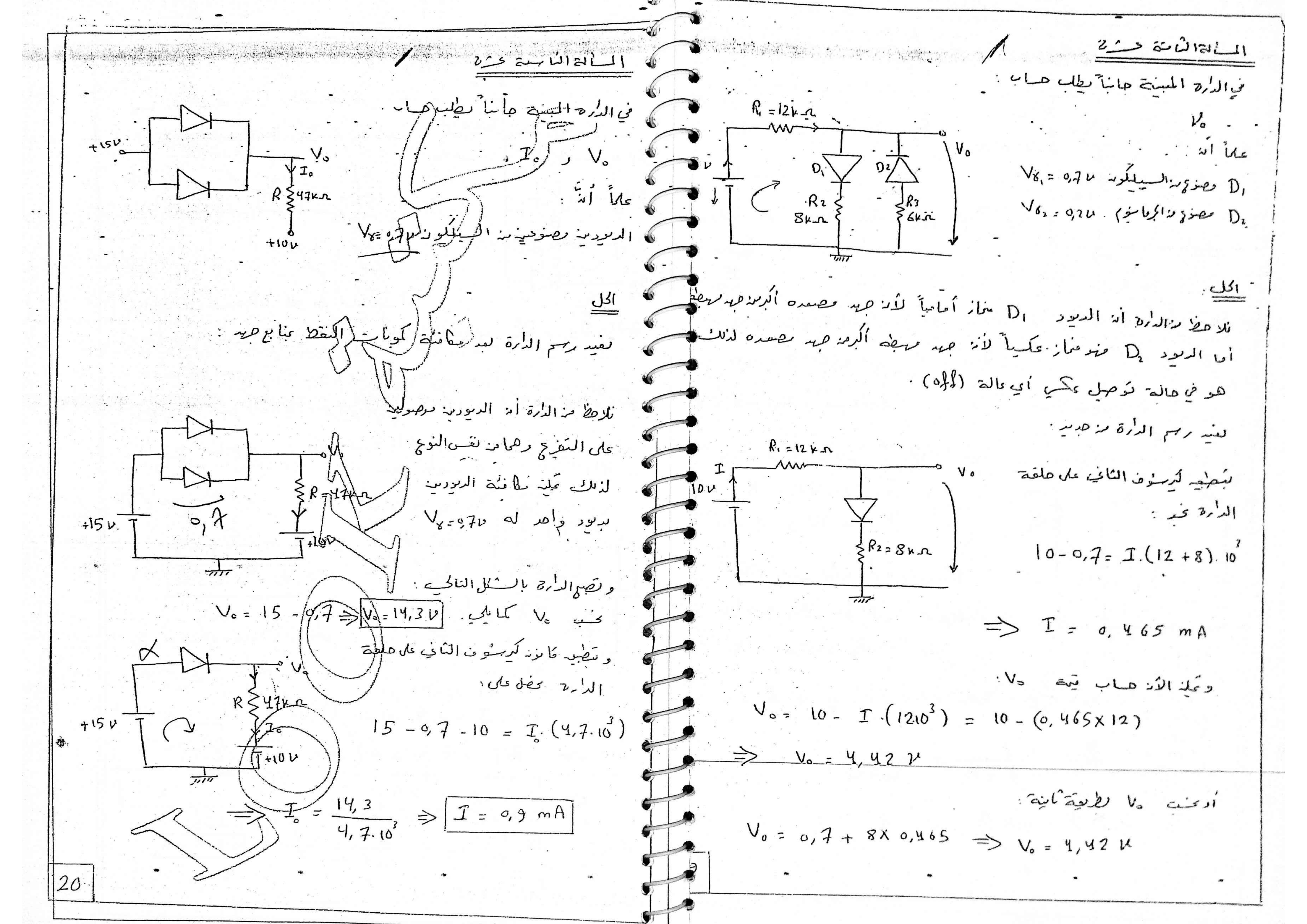
ومنه نجد أن التيار يسير في المقاومة R_1 والمقاومة R_L ولا يمر في المقاومة R_2.

وبالتالي أصبحت الدارة عبارة عن حلقة واحدة تضم منبع الجهد المستمر والمقاومة R_1 والمقاومة R_L.

يمكن حساب التيار المار في هذه الحلقة حسب كيرشوف الثاني:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_L} = \frac{10}{10 + 15}$$

$$\Rightarrow I = 0,4\ A$$



المسألة الثامنة عشرة

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب:

V_0

علماً أن:

$V_{\gamma_1} = 0,7\,V$ مصنوع من السيليكون D_1

$V_{\gamma_2} = 0,2\,V$ مصنوع من الجرمانيوم D_2

الحل:

نلاحظ من الدارة أن الديود D_1 منحاز أمامياً لأن جهد مصعده أكبر من جهد مهبطه، أما الديود D_2 فهو منحاز عكسياً لأن جهد مهبطه أكبر من جهد مصعده لذلك هو في حالة توصيل عكسي أي حالة (off).

نعيد رسم الدارة من جديد:

بتطبيق كيرشوف الثاني على حلقة الدارة نجد:

$$10 - 0,7 = I.(12 + 8).10^3$$

$$\Rightarrow I = 0,465\ mA$$

ويمكن الآن حساب قيمة V_0:

$$V_0 = 10 - I.(12.10^3) = 10 - (0,465 \times 12)$$

$$\Rightarrow V_0 = 4,42\ V$$

أو نحسب V_0 بطريقة ثانية:

$$V_0 = 0,7 + 8 \times 0,465 \Rightarrow V_0 = 4,42\ V$$

المسألة التاسعة عشرة

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب V_0 و I_0

علماً أن: الديودين مصنوعين من السيليكون $V_\gamma = 0,7\,V$

الحل

نعيد رسم الدارة بعد مطابقة كمونات النقط بما يلي:

نلاحظ من الدارة أن الديودين موصولين على التفرع وهما من نفس النوع لذلك تمثيل طاقة الديودين بديود واحد له $V_\gamma = 0,7\,V$

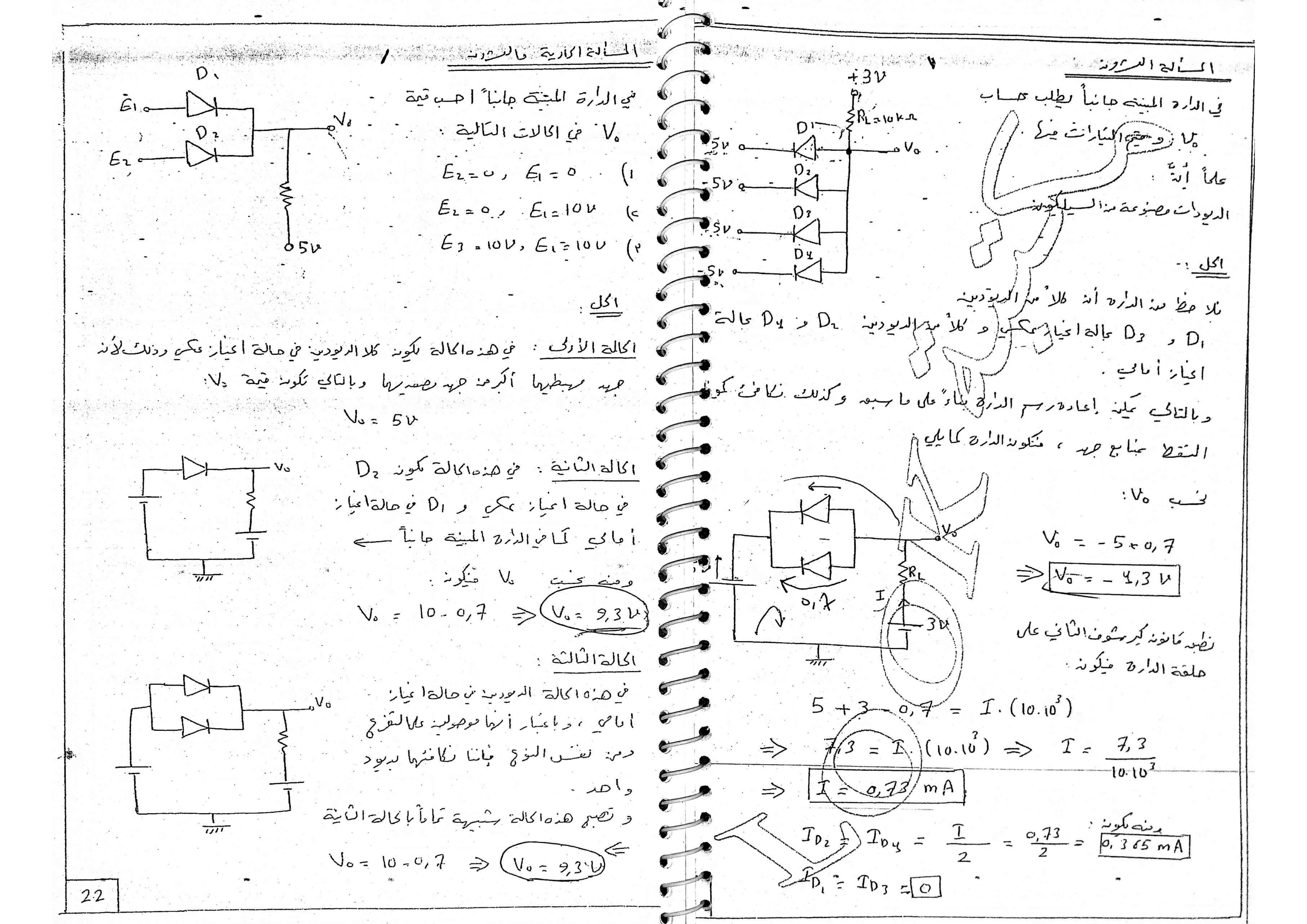
وتصبح الدارة بالشكل التالي:

نحسب V_0 كما يلي: $V_0 = 15 - 0,7 \Rightarrow$ $V_0 = 14,3\,V$

وبتطبيق قانون كيرشوف الثاني على حلقة الدارة نحصل على:

$$15 - 0,7 - 10 = I_0.(4,7.10^3)$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{14,3}{4,7.10^3} \Rightarrow I = 0,9\ mA$$



المسألة العشرون

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب V_o وحساب التيارات فيها علماً أنه: الديودات مصنوعة من السيليكون.

الحل:

نلاحظ من الدارة أن كلاً من الديودين D_1 و D_3 حالة انحياز عكسي و كلاً من الديودين D_2 و D_4 حالة انحياز أمامي.

وبالتالي تمكن إعادة رسم الدارة بناءً على ما سبق وكذلك نكافئ كون النقطتين منابع جهد، فتكون الدارة كما يلي:

نحسب V_o:

$$V_o = -5 + 0,7$$

$$\Rightarrow \boxed{V_o = -4,3\,V}$$

نطبق قانون كيرشوف الثاني على حلقة الدارة فيكون:

$$5 + 3 - 0,7 = I \cdot (10 \cdot 10^3)$$

$$\Rightarrow 7,3 = I \cdot (10 \cdot 10^3) \Rightarrow I = \frac{7,3}{10 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow \boxed{I = 0,73\ mA}$$

$$I_{D_2} = I_{D_4} = \frac{I}{2} = \frac{0,73}{2} = \boxed{0,365\ mA}$$ ومنه يكون

$$I_{D_1} = I_{D_3} = \boxed{0}$$

المسألة الحادية والعشرون

في الدارة المبينة جانباً احسب قيمة V_o في الحالات التالية:

1) $E_2 = 0$ ، $E_1 = 0$

2) $E_2 = 0$ ، $E_1 = 10V$

3) $E_2 = 10V$ ، $E_1 = 10V$

الحل:

الحالة الأولى: في هذه الحالة تكون كلا الديودين في حالة انحياز عكسي وذلك لأن جهد مهبطيهما أكبر من جهد مصعديهما وبالتالي تكون قيمة V_o:

$$V_o = 5V$$

الحالة الثانية: في هذه الحالة تكون D_2 في حالة انحياز عكسي و D_1 في حالة انحياز أمامي لكي الدارة المبينة جانباً ←

ومنه نحسب V_o فيكون:

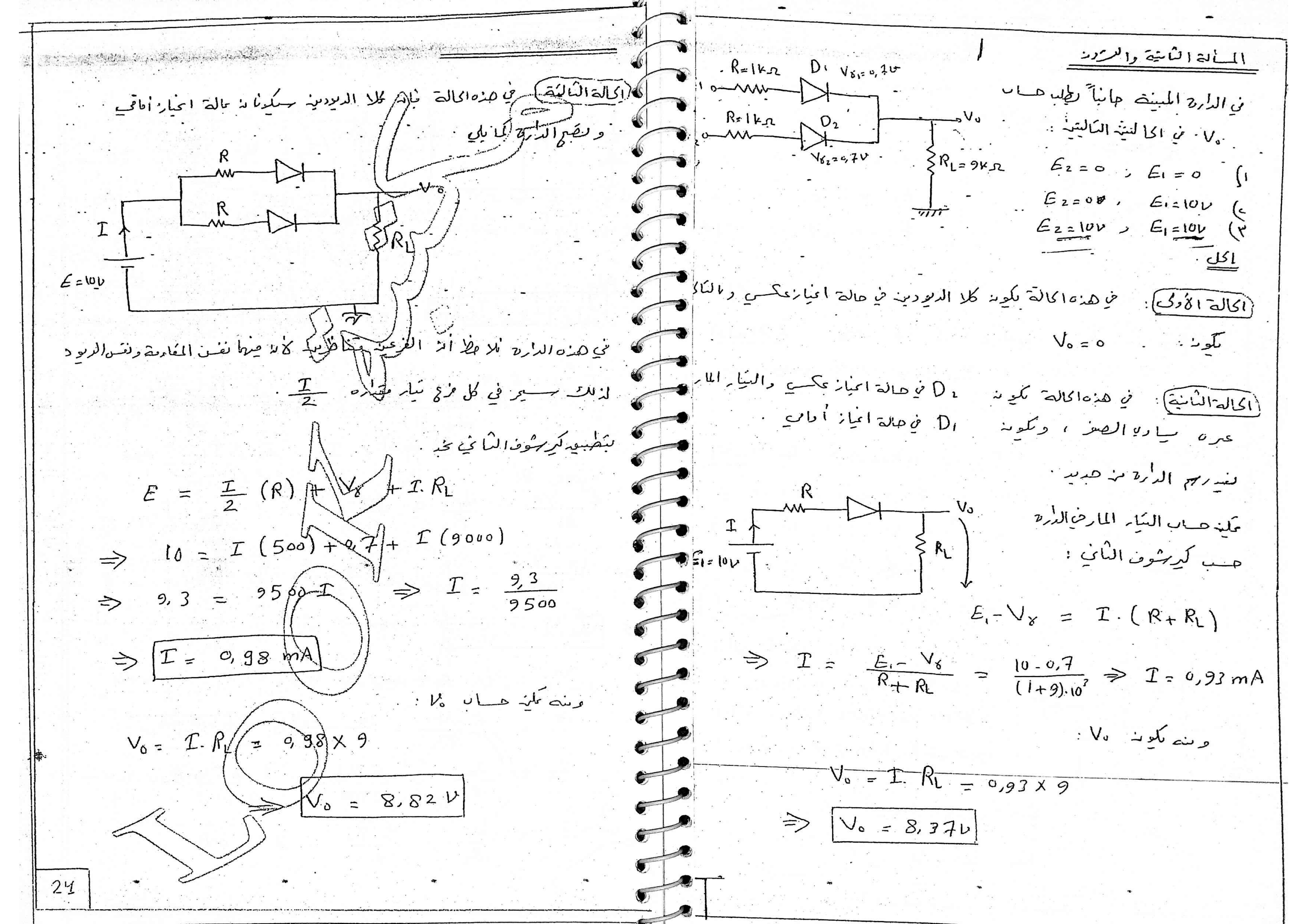
$$V_o = 10 - 0,7 \Rightarrow \boxed{V_o = 9,3\,V}$$

الحالة الثالثة:

في هذه الحالة الديودين في حالة انحياز أمامي، وباعتبار أنهما موصولين على التفرع ومن نفس النوع فإننا نكافئهما بديود واحد.

و تصبح هذه الحالة شبيهة تماماً بالحالة الثانية ⇐

$$V_o = 10 - 0,7 \Rightarrow \boxed{V_o = 9,3\,V}$$



المسألة الثانية والعشرون

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب V_0 في الحالات التالية:

1) $E_1 = 0$ ، $E_2 = 0$

2) $E_1 = 10V$ ، $E_2 = 0V$

3) $E_1 = 10V$ ، $E_2 = 10V$

الحل

الحالة الأولى: في هذه الحالة يكون كلا الديودين في حالة انحياز عكسي والتا

يكون: $V_0 = 0$

الحالة الثانية: في هذه الحالة يكون D_2 في حالة انحياز عكسي والتيار المار عبره يساوي الصفر، ويكون D_1 في حالة انحياز أمامي.

نعيد رسم الدارة من جديد:

يمكن حساب التيار المار في الدارة حسب كيرشوف الثاني:

$$E_1 - V_\gamma = I\cdot(R+R_L)$$

$$\Rightarrow I = \frac{E_1 - V_\gamma}{R+R_L} = \frac{10-0,7}{(1+9)\cdot 10^3} \Rightarrow I = 0,93\,mA$$

ومنه يكون V_0:

$$V_0 = I\cdot R_L = 0,93 \times 9$$

$$\Rightarrow V_0 = 8,37V$$

الحالة الثالثة: في هذه الحالة فإن كلا الديودين سيكونان في حالة انحياز أمامي وتصبح الدارة كما يلي:

في هذه الدارة نلاحظ أن الفرعين متناظرين لأن فيهما نفس المقاومة ونفس الديود

لذلك سيمر في كل فرع تيار مقداره $\frac{I}{2}$.

بتطبيق كيرشوف الثاني نجد:

$$E = \frac{I}{2}(R) + V_\gamma + I\cdot R_L$$

$$\Rightarrow 10 = I(500) + 0,7 + I(9000)$$

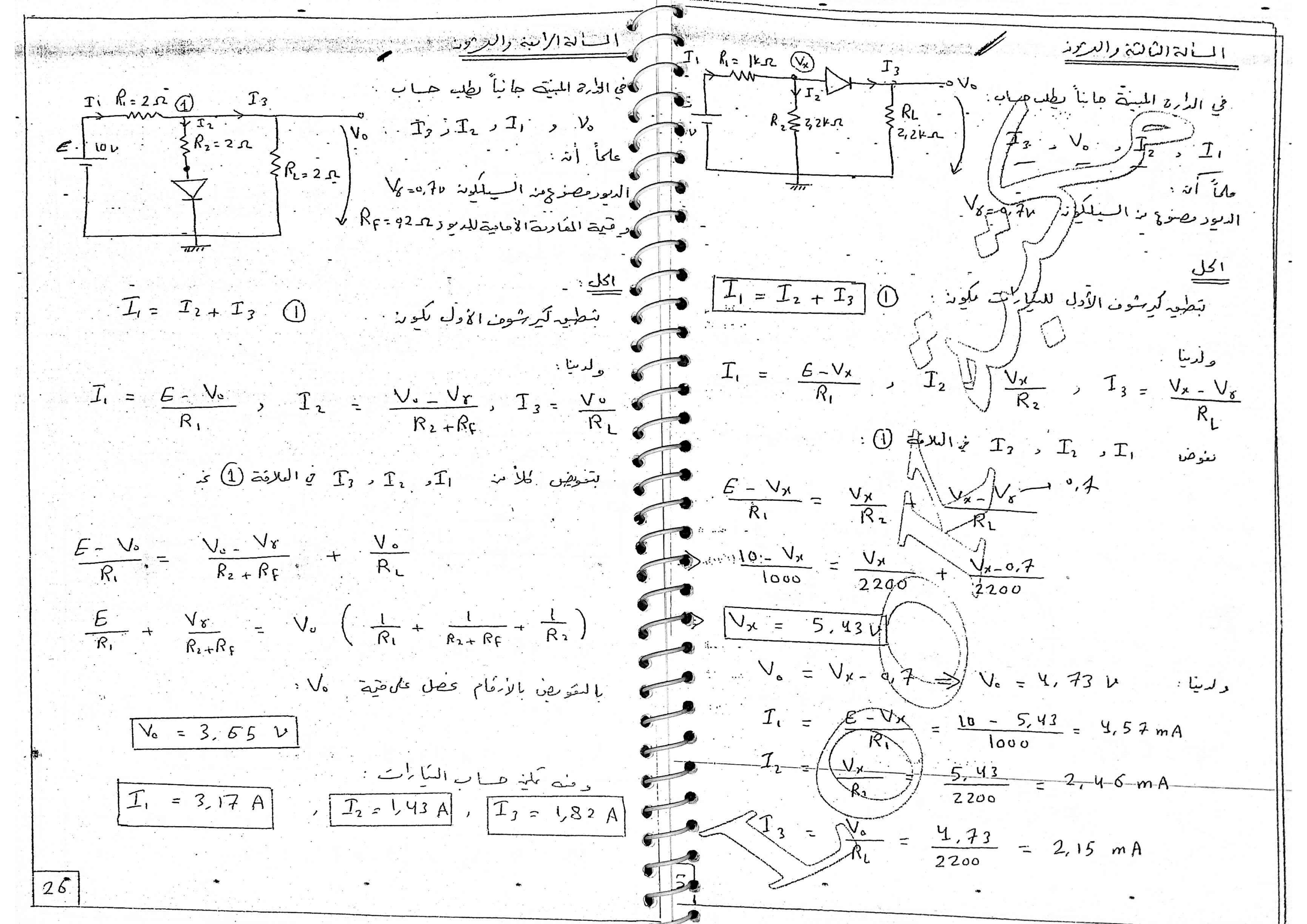
$$\Rightarrow 9,3 = 9500\,I \Rightarrow I = \frac{9,3}{9500}$$

$$\Rightarrow I = 0,98\,mA$$

ومنه يمكن حساب V_0:

$$V_0 = I\cdot R_L = 0,98 \times 9$$

$$V_0 = 8,82V$$



المسألة الثالثة والديود

في الدارة المبينة جانباً يطلب حساب: I_1 ، I_2 ، V_0 ، I_3

علماً أن: الديود مصنوع من السيليكون $V_\gamma = 0{,}7V$

الحل

بتطبيق كيرشوف الأول للتيارات نكون: $I_1 = I_2 + I_3$ (1)

ولدينا:

$$I_1 = \frac{E - V_x}{R_1} \quad , \quad I_2 = \frac{V_x}{R_2} \quad , \quad I_3 = \frac{V_x - V_\gamma}{R_L}$$

نعوض I_1 ، I_2 ، I_3 في العلاقة (1):

$$\frac{E - V_x}{R_1} = \frac{V_x}{R_2} + \frac{V_x - V_\gamma}{R_L} \quad (V_\gamma \rightarrow 0{,}7)$$

$$\Rightarrow \frac{10 - V_x}{1000} = \frac{V_x}{2200} + \frac{V_x - 0{,}7}{2200}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_x = 5{,}43V}$$

ولدينا:

$$V_0 = V_x - 0{,}7 \Rightarrow V_0 = 4{,}73V$$

$$I_1 = \frac{E - V_x}{R_1} = \frac{10 - 5{,}43}{1000} = 4{,}57\,mA$$

$$I_2 = \frac{V_x}{R_2} = \frac{5{,}43}{2200} = 2{,}46\,mA$$

$$I_3 = \frac{V_0}{R_L} = \frac{4{,}73}{2200} = 2{,}15\,mA$$

المسألة الرابعة والديود

في الدارة المبينة جانباً يطلب حساب: V_0 و I_1 ، I_2 ، I_3

علماً أن: الديود مصنوع من السيليكون $V_\gamma = 0{,}7V$ وقيمة المقاومة الأمامية للديود $R_F = 92\Omega$

الحل:

بتطبيق كيرشوف الأول نكون: $I_1 = I_2 + I_3$ (1)

ولدينا:

$$I_1 = \frac{E - V_0}{R_1} \quad , \quad I_2 = \frac{V_0 - V_\gamma}{R_2 + R_F} \quad , \quad I_3 = \frac{V_0}{R_L}$$

بتعويض كلاً من I_1 ، I_2 ، I_3 في العلاقة (1) نجد:

$$\frac{E - V_0}{R_1} = \frac{V_0 - V_\gamma}{R_2 + R_F} + \frac{V_0}{R_L}$$

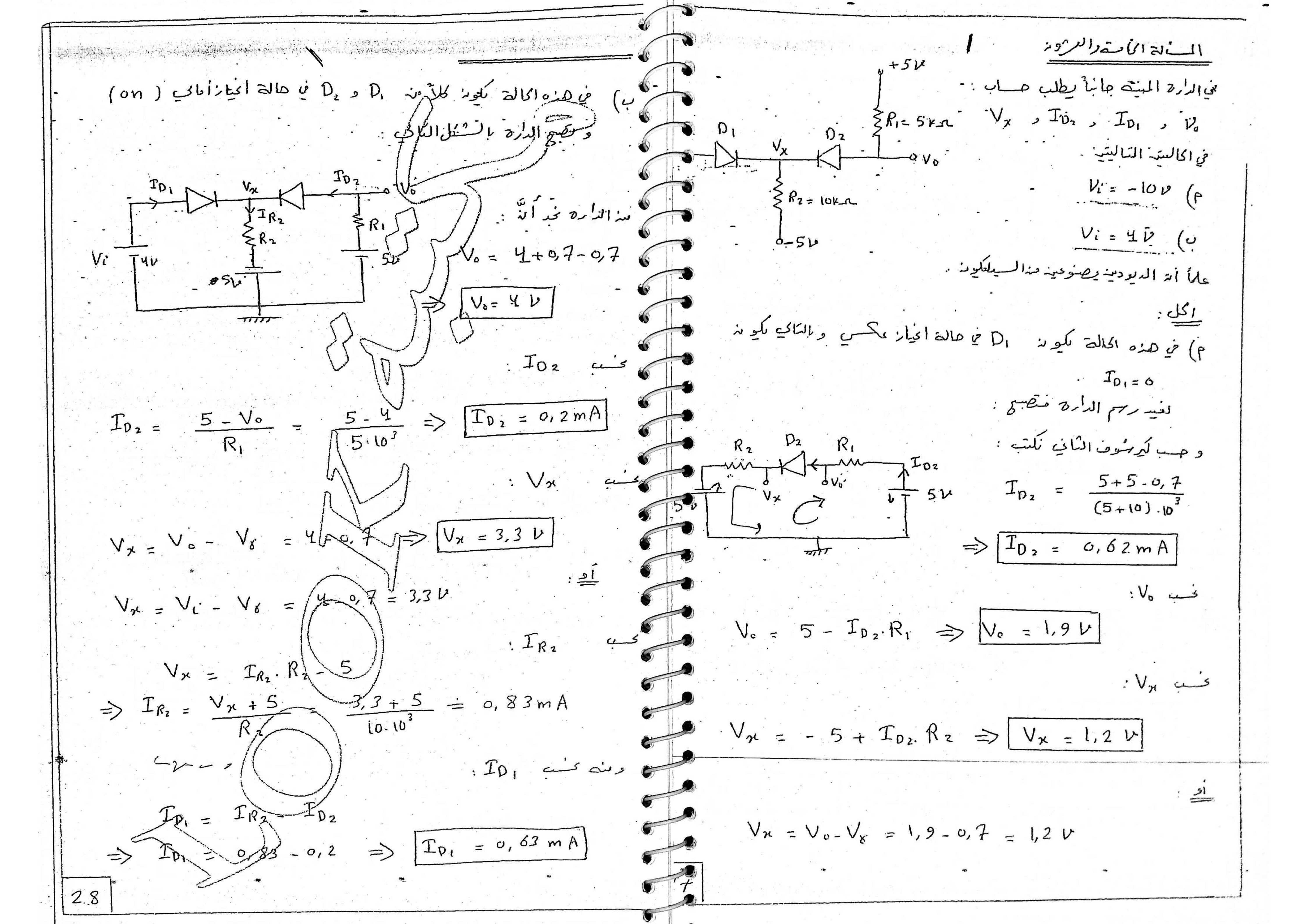
$$\frac{E}{R_1} + \frac{V_\gamma}{R_2 + R_F} = V_0 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_F} + \frac{1}{R_2} \right)$$

بالتعويض بالأرقام نحصل على قيمة V_0:

$$\boxed{V_0 = 3{,}65\,V}$$

ومنه نكمل حساب التيارات:

$\boxed{I_1 = 3{,}17\,A}$ ، $\boxed{I_2 = 1{,}43\,A}$ ، $\boxed{I_3 = 1{,}82\,A}$



المسألة الخامسة والعشرون

في الدارة المبينة جانباً يطلب حساب : V_0 و I_{D_1} و I_{D_2} و V_x في الحالتين التاليتين :

أ) $V_i = -10V$

ب) $V_i = 4V$

علماً أن الديودين مصنوعين من السيليكون .

الحل :

أ) في هذه الحالة تكون D_1 في حالة انحياز عكسي وبالتالي تكون

$I_{D_1} = 0$

نعيد رسم الدارة فتصبح :

وحسب كيرشوف الثاني نكتب :

$$I_{D_2} = \frac{5+5-0,7}{(5+10)\cdot10^3} \Rightarrow \boxed{I_{D_2} = 0,62\,mA}$$

نحسب V_0 :

$$V_0 = 5 - I_{D_2}\cdot R_1 \Rightarrow \boxed{V_0 = 1,9\,V}$$

نحسب V_x :

$$V_x = -5 + I_{D_2}\cdot R_2 \Rightarrow \boxed{V_x = 1,2\,V}$$

أو :

$$V_x = V_0 - V_\gamma = 1,9 - 0,7 = 1,2\,V$$

7

ب) في هذه الحالة تكون كلا من D_1 و D_2 في حالة انحياز أمامي (on) وتصبح الدارة بالشكل التالي :

من الدارة نجد أنّ :

$$V_0 = 4+0,7-0,7 \Rightarrow \boxed{V_0 = 4\,V}$$

نحسب I_{D_2} :

$$I_{D_2} = \frac{5-V_0}{R_1} = \frac{5-4}{5\cdot10^3} \Rightarrow \boxed{I_{D_2} = 0,2\,mA}$$

نحسب V_x :

$$V_x = V_0 - V_\gamma = 4 - 0,7 \Rightarrow \boxed{V_x = 3,3\,V}$$

أو :

$$V_x = V_i - V_\gamma = 4 - 0,7 = 3,3\,V$$

نحسب I_{R_2} :

$$V_x = I_{R_2}\cdot R_2 - 5$$

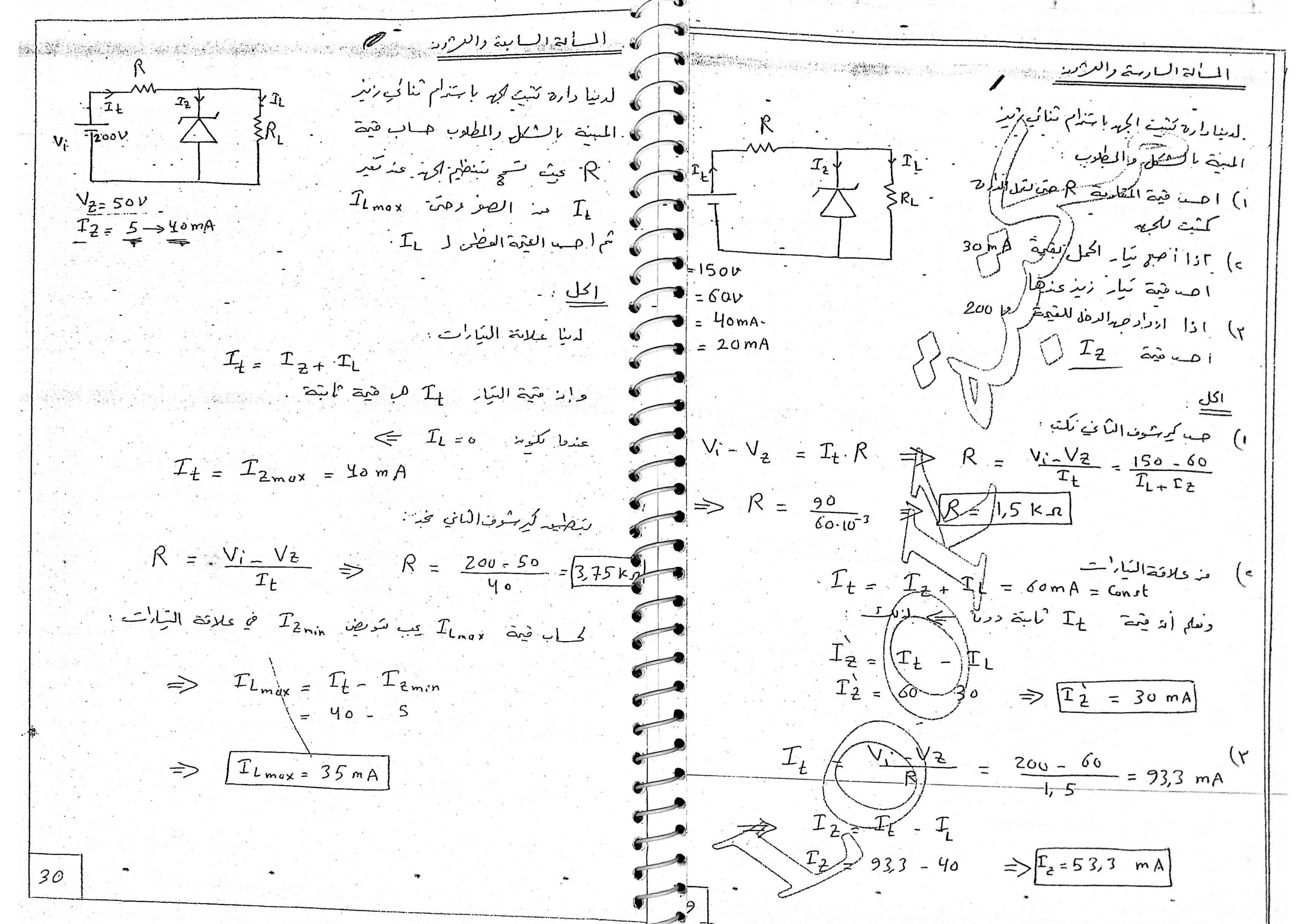
$$\Rightarrow I_{R_2} = \frac{V_x + 5}{R_2} = \frac{3,3+5}{10\cdot10^3} \doteq 0,83\,mA$$

ومنه نحسب I_{D_1} :

$$I_{D_1} = I_{R_2} - I_{D_2}$$

$$\Rightarrow I_{D_1} = 0,83 - 0,2 \Rightarrow \boxed{I_{D_1} = 0,63\,mA}$$

2.8



المسألة السادسة والعشرون

لدينا دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة بالشكل والمطلوب:

١) احسب قيمة المقاومة R حتى تعمل الدارة كمثبت للجهد

٢) اذا أصبح تيار الحمل بقيمة 30 mA احسب قيمة تيار زينر عندها

٣) اذا ازداد جهد الدخل للقيمة 200 احسب قيمة I_Z

$V_i = 150V$
$V_Z = 60V$
$I_t = 40mA$
$I_L = 20mA$

الحل:

١) حسب كيرشوف الثاني نكتب:

$$V_i - V_Z = I_t \cdot R \Rightarrow R = \frac{V_i - V_Z}{I_t} = \frac{150 - 60}{I_L + I_Z}$$

$$\Rightarrow R = \frac{90}{60 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{R = 1,5\ k\Omega}$$

٢) من علاقة التيارات:

$$I_t = I_Z + I_L = 60 mA = Const$$

ونعلم أن قيمة I_t ثابتة دوماً لذلك:

$$I_Z' = I_t - I_L$$
$$I_Z' = 60 - 30 \Rightarrow \boxed{I_Z' = 30\ mA}$$

٣)

$$I_t = \frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{200 - 60}{1,5} = 93,3\ mA$$

$$I_Z = I_t - I_L$$
$$I_Z = 93,3 - 40 \Rightarrow \boxed{I_Z = 53,3\ mA}$$

المسألة السابعة والعشرون

لدينا دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة بالشكل والمطلوب حساب قيمة R بحيث تسمح بتنظيم الجهد عند تغير I_L من الصفر وحتى I_{Lmax} ثم احسب القيمة العظمى لـ I_L.

$V_i = 200V$
$V_Z = 50V$
$I_Z = 5 \rightarrow 40mA$

الحل:

لدينا علاقة التيارات:

$$I_t = I_Z + I_L$$

وإن قيمة التيار I_t هي قيمة ثابتة.

عندما تكون $I_L = 0 \Leftarrow$

$$I_t = I_{Zmax} = 40\ mA$$

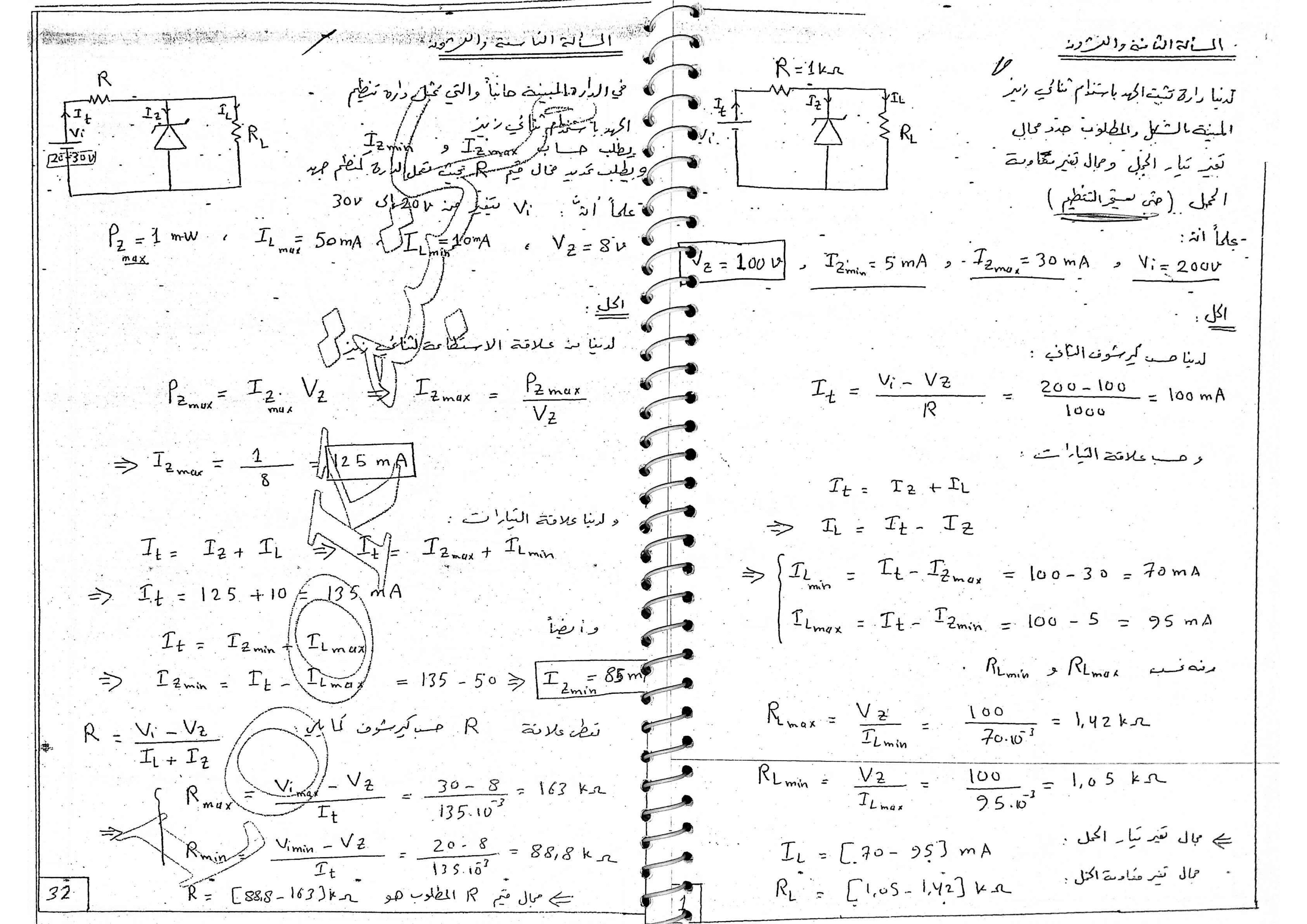
بتطبيق كيرشوف الثاني نجد:

$$R = \frac{V_i - V_Z}{I_t} \Rightarrow R = \frac{200 - 50}{40} = \boxed{3,75\ k\Omega}$$

لحساب قيمة I_{Lmax} يجب تعويض I_{Zmin} في علاقة التيارات:

$$\Rightarrow I_{Lmax} = I_t - I_{Zmin} = 40 - 5$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{Lmax} = 35\ mA}$$



المسألة الثامنة والعشرون

لدينا دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة بالشكل والمطلوب حدد مجال تغير تيار الحمل ومجال تغير مقاومة الحمل (حتى يستمر التنظيم)

علماً أنه:

$V_z = 100\,V$ ، $I_{z_{min}} = 5\,mA$ و $I_{z_{max}} = 30\,mA$ و $V_i = 200\,V$

الحل:

لدينا حسب كيرشوف الثاني:

$$I_t = \frac{V_i - V_z}{R} = \frac{200 - 100}{1000} = 100\,mA$$

وحسب علاقة التيارات:

$$I_t = I_z + I_L$$

$$\Rightarrow I_L = I_t - I_z$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{L_{min}} = I_t - I_{z_{max}} = 100 - 30 = 70\,mA \\ I_{L_{max}} = I_t - I_{z_{min}} = 100 - 5 = 95\,mA \end{cases}$$

ومنه نحسب $R_{L_{min}}$ و $R_{L_{max}}$.

$$R_{L_{max}} = \frac{V_z}{I_{L_{min}}} = \frac{100}{70 \cdot 10^{-3}} = 1{,}42\,k\Omega$$

$$R_{L_{min}} = \frac{V_z}{I_{L_{max}}} = \frac{100}{95 \cdot 10^{-3}} = 1{,}05\,k\Omega$$

⇐ مجال تغير تيار الحمل:

$$I_L = [70 - 95]\,mA$$

مجال تغير مقاومة الحمل:

$$R_L = [1{,}05 - 1{,}42]\,k\Omega$$

1

المسألة التاسعة والعشرون

في الدارة المبينة جانباً والتي تمثل دارة تنظيم الجهد باستخدام ثنائي زينر

يطلب حساب $I_{z_{min}}$ و $I_{z_{max}}$

ويطلب تحديد مجال قيم R بحيث تعمل الدارة كمنظم جيد

علماً أنه: V_i تتغير من 20V إلى 30V

$P_{z_{max}} = 1\,mW$ ، $I_{L_{max}} = 50\,mA$ ، $I_{L_{min}} = 10\,mA$ ، $V_z = 8\,V$

الحل:

لدينا من علاقة الاستطاعة لثنائي زينر

$$P_{z_{max}} = I_{z_{max}} \cdot V_z \Rightarrow I_{z_{max}} = \frac{P_{z_{max}}}{V_z}$$

$$\Rightarrow I_{z_{max}} = \frac{1}{8} = 125\,mA$$

ولدينا علاقة التيارات:

$$I_t = I_z + I_L \Rightarrow I_t = I_{z_{max}} + I_{L_{min}}$$

$$\Rightarrow I_t = 125 + 10 = 135\,mA$$

وأيضاً

$$I_t = I_{z_{min}} + I_{L_{max}}$$

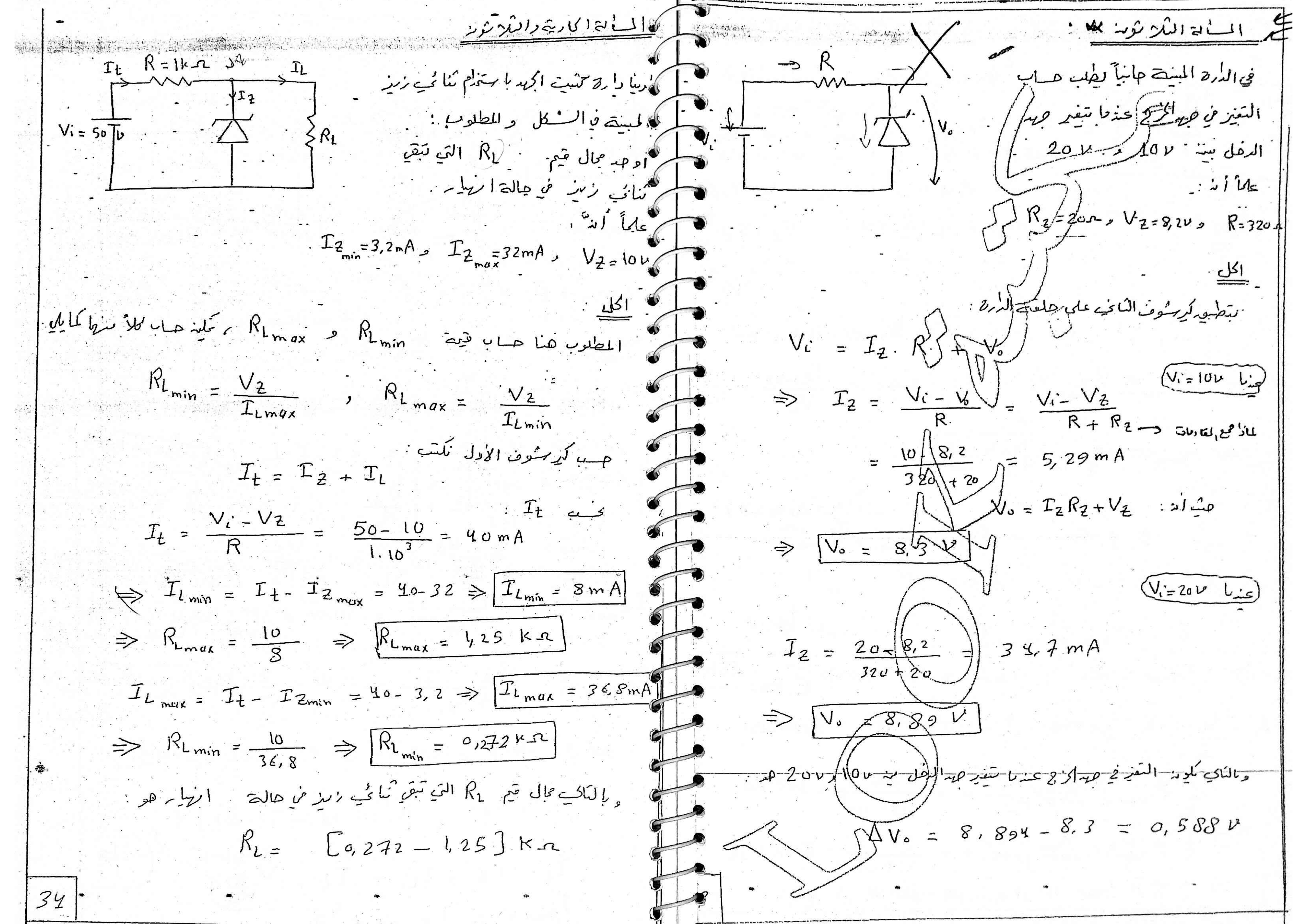
$$\Rightarrow I_{z_{min}} = I_t - I_{L_{max}} = 135 - 50 \Rightarrow I_{z_{min}} = 85\,mA$$

تعطى علاقة R حسب كيرشوف كما يلي:

$$R = \frac{V_i - V_z}{I_L + I_z}$$

$$\begin{cases} R_{max} = \dfrac{V_{i_{max}} - V_z}{I_t} = \dfrac{30 - 8}{135 \cdot 10^{-3}} = 163\,k\Omega \\ R_{min} = \dfrac{V_{i_{min}} - V_z}{I_t} = \dfrac{20 - 8}{135 \cdot 10^{-3}} = 88{,}8\,k\Omega \end{cases}$$

⇐ مجال قيم R المطلوب هو $R = [88{,}8 - 163]\,k\Omega$



المسألة الثلاثون :

في الدارة المبينة جانباً يطلب حساب التغير في جهد الخرج عندما يتغير جهد الدخل بين 20V و 10V علماً أنه :

$R_Z = 20\Omega$ ، $V_Z = 8{,}2V$ ، $R = 320\Omega$

الحل

نتطبيق كيرشوف الثاني على حلقة الدارة :

$$V_i = I_Z \cdot R + V_o$$

عندما $V_i = 10V$

$$\Rightarrow I_Z = \frac{V_i - V_o}{R} = \frac{V_i - V_Z}{R + R_Z}$$ ← مجموع المقاومات

$$= \frac{10 - 8{,}2}{320 + 20} = 5{,}29\,mA$$

حيث أنه : $V_o = I_Z R_Z + V_Z$

$$\Rightarrow \boxed{V_o = 8{,}3\,V}$$

عندما $V_i = 20V$

$$I_Z = \frac{20 - 8{,}2}{320 + 20} = 34{,}7\,mA$$

$$\Rightarrow \boxed{V_o = 8{,}89\,V}$$

وبالتالي يكون التغير في جهد الخرج عندما يتغير جهد الدخل بين 10V و 20V هو :

$$\Delta V_o = 8{,}894 - 8{,}3 = 0{,}588\,V$$

المسألة الحادية والثلاثون

لدينا دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة في الشكل والمطلوب :

أوجد مجال قيم R_L التي تبقي ثنائي زينر في حالة انهيار .

علماً أنه :

$I_{Z_{min}} = 3{,}2mA$ ، $I_{Z_{max}} = 32mA$ ، $V_Z = 10V$

الحل :

المطلوب هنا حساب قيمة $R_{L_{min}}$ و $R_{L_{max}}$ ، حيث يمكن حساب كلاً منهما كالتالي :

$$R_{L_{min}} = \frac{V_Z}{I_{L_{max}}} \quad , \quad R_{L_{max}} = \frac{V_Z}{I_{L_{min}}}$$

حسب كيرشوف الأول نكتب :

$$I_t = I_Z + I_L$$

نحسب I_t :

$$I_t = \frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{50 - 10}{1 \cdot 10^3} = 40\,mA$$

$$\Rightarrow I_{L_{min}} = I_t - I_{Z_{max}} = 40 - 32 \Rightarrow \boxed{I_{L_{min}} = 8\,mA}$$

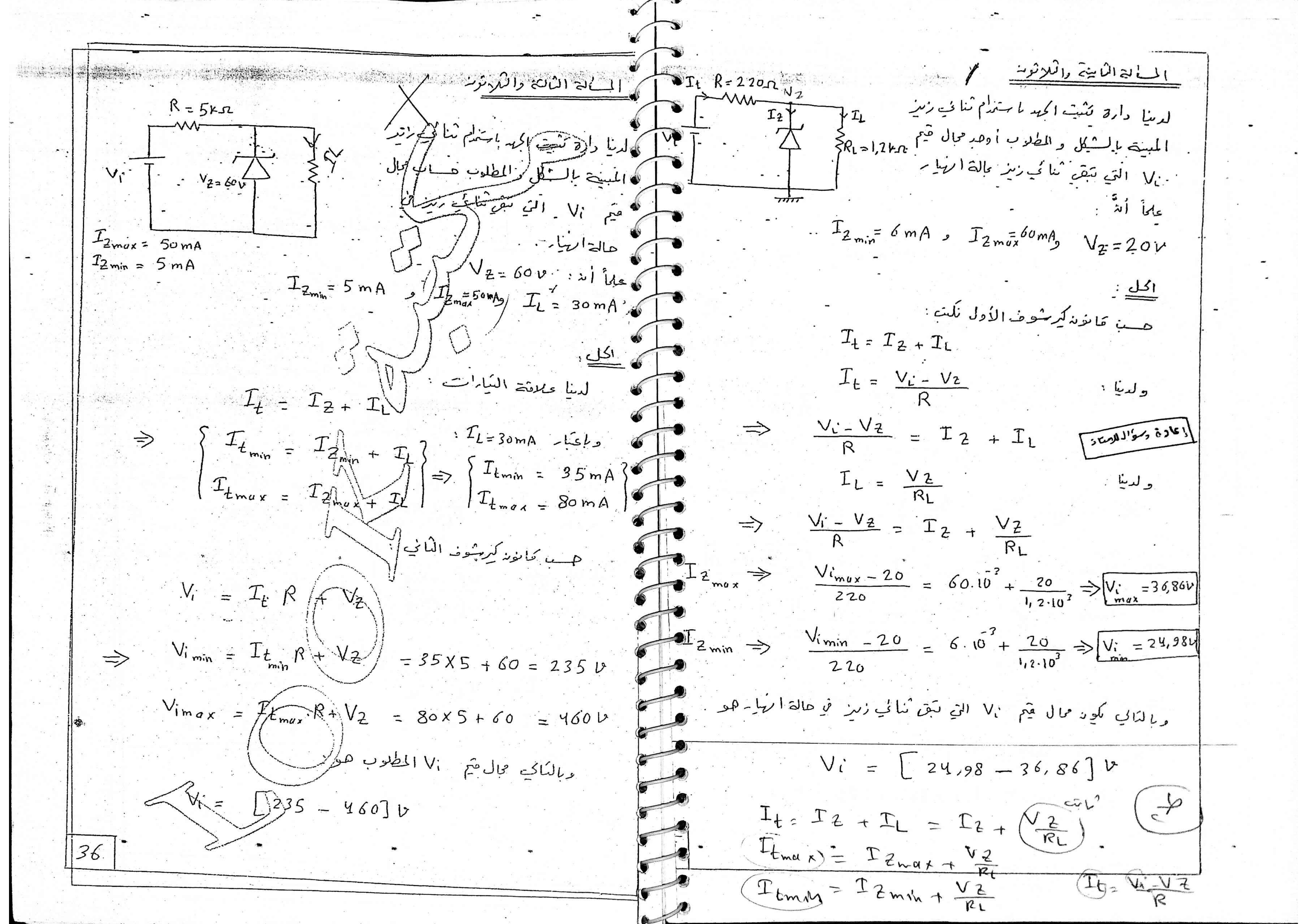
$$\Rightarrow R_{L_{max}} = \frac{10}{8} \Rightarrow \boxed{R_{L_{max}} = 1{,}25\,k\Omega}$$

$$I_{L_{max}} = I_t - I_{Z_{min}} = 40 - 3{,}2 \Rightarrow \boxed{I_{L_{max}} = 36{,}8\,mA}$$

$$\Rightarrow R_{L_{min}} = \frac{10}{36{,}8} \Rightarrow \boxed{R_{L_{min}} = 0{,}272\,k\Omega}$$

وبالتالي مجال قيم R_L التي تبقي ثنائي زينر في حالة انهيار هو :

$$R_L = [0{,}272 - 1{,}25]\,k\Omega$$



المسألة الثانية والثلاثون

لدينا دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة بالشكل والمطلوب أوجد مجال قيم V_i التي تبقي ثنائي زينر حالة انهيار.

علماً أنّ:

$I_{Z_{min}} = 6\,mA$ و $I_{Z_{max}} = 60\,mA$ و $V_Z = 20V$

الحل:

حسب قانون كيرشوف الأول نكتب:

$$I_t = I_Z + I_L$$

ولدينا:

$$I_t = \frac{V_i - V_Z}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{V_i - V_Z}{R} = I_Z + I_L$$

إعادة دسؤال الاستاذ

ولدينا:

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L}$$

$$\Rightarrow \frac{V_i - V_Z}{R} = I_Z + \frac{V_Z}{R_L}$$

$$I_{Z_{max}} \Rightarrow \frac{V_{i_{max}} - 20}{220} = 60.10^{-3} + \frac{20}{1,2.10^{3}} \Rightarrow \boxed{V_{i_{max}} = 36,86V}$$

$$I_{Z_{min}} \Rightarrow \frac{V_{i_{min}} - 20}{220} = 6.10^{-3} + \frac{20}{1,2.10^{3}} \Rightarrow \boxed{V_{i_{min}} = 24,98V}$$

وبالتالي تكون مجال قيم V_i التي تبقي ثنائي زينر في حالة انهيار هو

$$V_i = [\,24,98 - 36,86\,]\,V$$

$$I_t = I_Z + I_L = I_Z + \frac{V_Z}{R_L} \text{ (ثابت)}$$

$$I_{t_{max}} = I_{Z_{max}} + \frac{V_Z}{R_L}$$

$$I_{t_{min}} = I_{Z_{min}} + \frac{V_Z}{R_L}$$

$$I_t = \frac{V_i - V_Z}{R}$$

المسألة الثالثة والثلاثون

لدينا دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة بالشكل والمطلوب حساب مجال قيم V_i التي تبقي ثنائي زينر حالة انهيار.

$I_{Z_{max}} = 50\,mA$

$I_{Z_{min}} = 5\,mA$

علماً أنه: $V_Z = 60V$ ، $I_{Z_{min}} = 5\,mA$ و $I_{Z_{max}} = 50\,mA$ ، $I_L = 30\,mA$

الحل:

لدينا علاقة التيارات:

$$I_t = I_Z + I_L$$

وباعتبار $I_L = 30\,mA$:

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{t_{min}} = I_{Z_{min}} + I_L \\ I_{t_{max}} = I_{Z_{max}} + I_L \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{t_{min}} = 35\,mA \\ I_{t_{max}} = 80\,mA \end{cases}$$

حسب قانون كيرشوف الثاني:

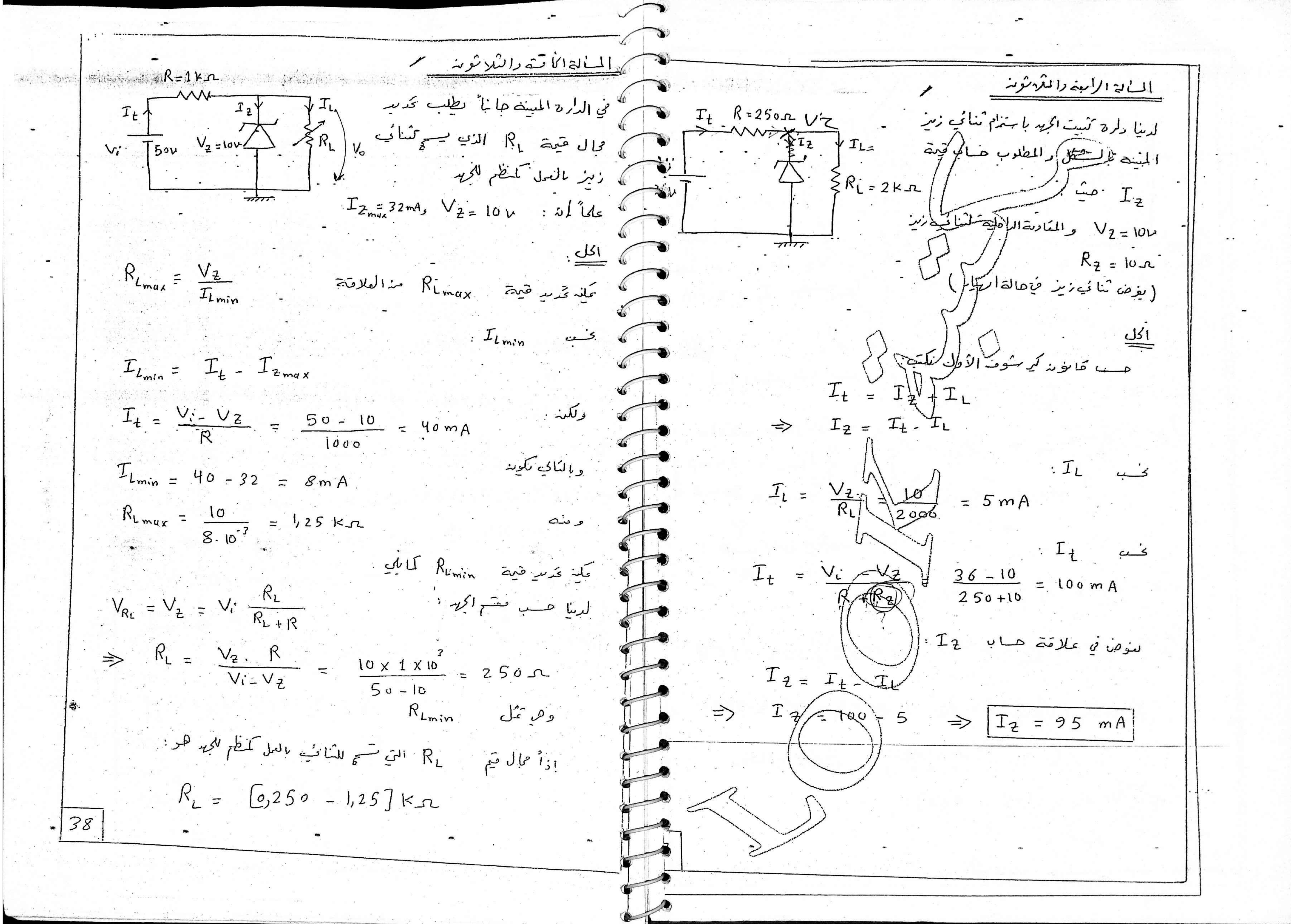
$$V_i = I_t R + V_Z$$

$$\Rightarrow V_{i_{min}} = I_{t_{min}} R + V_Z = 35 \times 5 + 60 = 235\,V$$

$$V_{i_{max}} = I_{t_{max}} R + V_Z = 80 \times 5 + 60 = 460\,V$$

وبالتالي مجال قيم V_i المطلوب هو:

$$V_i = [\,235 - 460\,]\,V$$



المسألة الثالثة والثلاثون

في الدارة المبينة جانباً نطلب تحديد مجال قيمة R_L الذي يسمح لثنائي زينر بالعمل كمنظم للجهد

علماً أنه : $V_z = 10\,v$, $I_{Z_{max}} = 32\,mA$

الحل:

تحديد قيمة $R_{L_{max}}$ من العلاقة

$$R_{L_{max}} = \frac{V_z}{I_{L_{min}}}$$

نحسب $I_{L_{min}}$:

$$I_{L_{min}} = I_t - I_{z_{max}}$$

ولكن :

$$I_t = \frac{V_i - V_z}{R} = \frac{50 - 10}{1000} = 40\,mA$$

وبالتالي تكون

$$I_{L_{min}} = 40 - 32 = 8\,mA$$

ومنه

$$R_{L_{max}} = \frac{10}{8 \cdot 10^{-3}} = 1{,}25\,k\Omega$$

تحديد قيمة $R_{L_{min}}$ كالتالي

لدينا حسب مقسم الجهد :

$$V_{R_L} = V_z = V_i \frac{R_L}{R_L + R}$$

$$\Rightarrow R_L = \frac{V_z \cdot R}{V_i - V_z} = \frac{10 \times 1 \times 10^3}{50 - 10} = 250\,\Omega$$

وهي تمثل $R_{L_{min}}$

إذاً مجال قيم R_L التي تسمح للثنائي بالعمل كمنظم للجهد هو :

$$R_L = [0{,}250 - 1{,}25]\,k\Omega$$

المسألة الرابعة والثلاثون

لدينا دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة بالشكل والمطلوب حساب قيمة I_z حيث $V_z = 10\,v$ والمقاومة الداخلية لثنائي زينر $R_z = 10\,\Omega$

(يفرض ثنائي زينر في حالة الإيصال)

الحل:

حسب قانون كيرشوف الأول نكتب

$$I_t = I_z + I_L$$

$$\Rightarrow I_z = I_t - I_L$$

نحسب I_L :

$$I_L = \frac{V_z}{R_L} = \frac{10}{2000} = 5\,mA$$

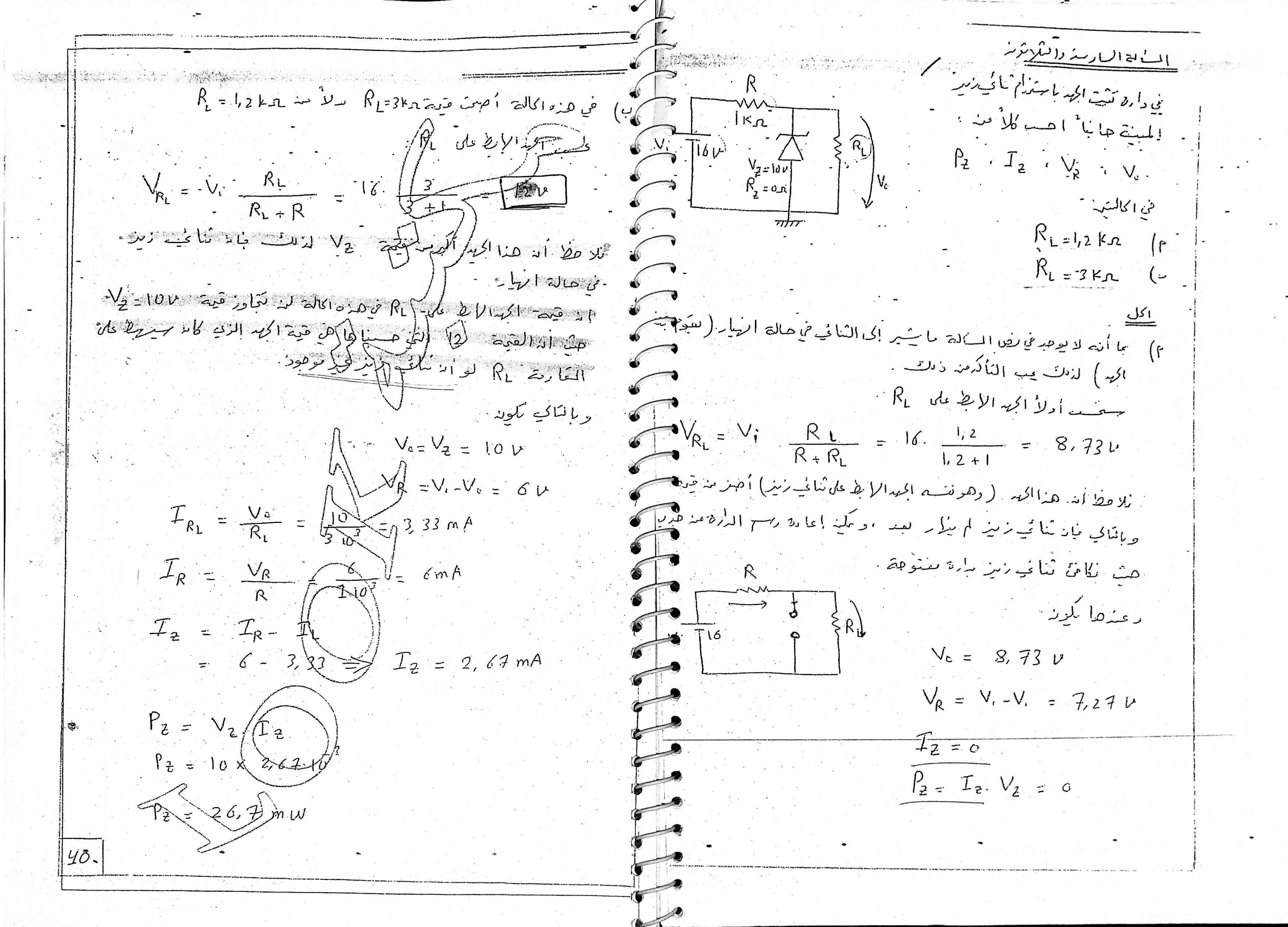
نحسب I_t :

$$I_t = \frac{V_i - V_z}{R + R_z} = \frac{36 - 10}{250 + 10} = 100\,mA$$

نعوض في علاقة حساب I_z :

$$I_z = I_t - I_L$$

$$\Rightarrow I_z = 100 - 5 \Rightarrow \boxed{I_z = 95\,mA}$$



المسألة السادسة والثلاثون

في دارة تثبيت الجهد باستخدام ثنائي زينر المبينة جانباً احسب كلاً من: V_o ، V_R ، I_Z ، P_Z

في الحالتين:

أ) $R_L = 1{,}2\,k\Omega$

ب) $R_L = 3\,k\Omega$

الحل

أ) بما أنه لا يوجد في نص المسألة ما يشير إلى الثنائي في حالة انهيار (تثبيت الجهد) لذلك يجب التأكد من ذلك.

نحسب أولاً الجهد الهابط على R_L

$$V_{R_L} = V_i \frac{R_L}{R + R_L} = 16 \cdot \frac{1{,}2}{1{,}2 + 1} = 8{,}73\,V$$

نلاحظ أن هذا الجهد (وهو نفسه الجهد الهابط على ثنائي زينر) أصغر من قيمة V_Z وبالتالي فإن ثنائي زينر لم ينهار بعد، ويمكن إعادة رسم الدارة من جديد حيث نكافئ ثنائي زينر بدارة مفتوحة

وعندها يكون

$V_o = 8{,}73\,V$

$V_R = V_i - V_o = 7{,}27\,V$

$I_Z = 0$

$P_Z = I_Z \cdot V_Z = 0$

ب) في هذه الحالة أصبحت قيمة $R_L = 3k\Omega$ بدلاً من $R_L = 1{,}2\,k\Omega$

نحسب الجهد الهابط على R_L

$$V_{R_L} = V_i \frac{R_L}{R_L + R} = 16 \cdot \frac{3}{3 + 1} = 12\,V$$

نلاحظ أن هذا الجهد أكبر من قيمة V_Z لذلك فإن ثنائي زينر في حالة انهيار.

أي أن قيمة الجهد الهابط على R_L في هذه الحالة لن تتجاوز قيمة $V_Z = 10V$

حيث أن القيمة 12 التي حسبناها هي قيمة الجهد الذي كان سيهبط على المقاومة R_L لو أن ثنائي زينر غير موجود.

وبالتالي يكون

$V_o = V_Z = 10\,V$

$V_R = V_i - V_o = 6\,V$

$$I_{R_L} = \frac{V_o}{R_L} = \frac{10}{3 \cdot 10^3} = 3{,}33\,mA$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{6}{1 \cdot 10^3} = 6\,mA$$

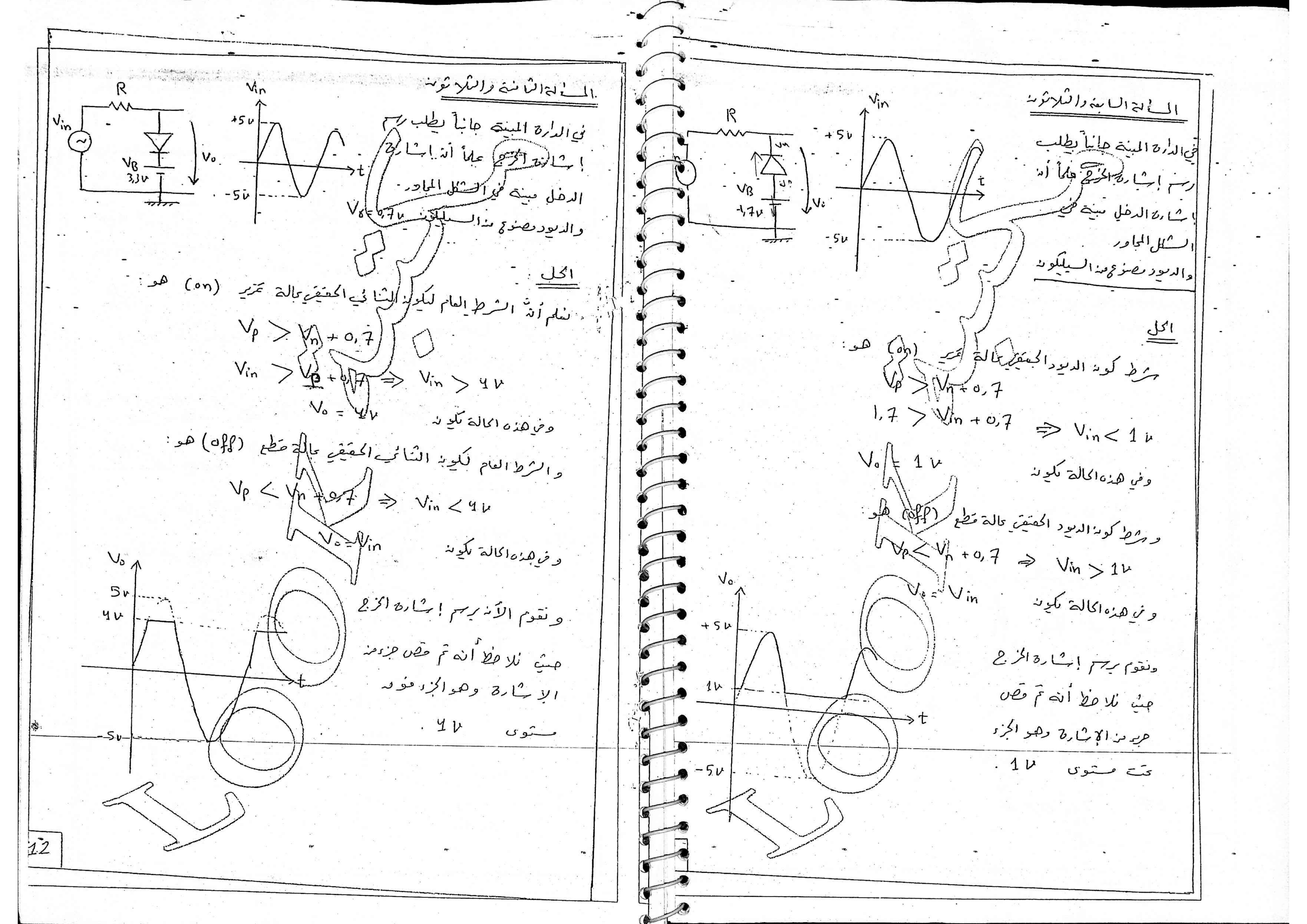
$I_Z = I_R - I_L$

$= 6 - 3{,}33 \Rightarrow I_Z = 2{,}67\,mA$

$P_Z = V_Z I_Z$

$P_Z = 10 \times 2{,}67 \cdot 10^{-3}$

$P_Z = 26{,}7\,mW$



المسألة الثانية والثلاثون

في الدارة المبينة جانباً يطلب رسم إشارة الخرج علماً أن إشارة الدخل مبينة في الشكل المجاور والديود مصنوع من السيليكون $V_\gamma = 0.7\,V$

الحل

نعلم أن الشرط العام لكون الثنائي الحقيقي حالة تمرير (on) هو:

$V_p > V_n + 0.7$

$V_{in} > V_B + 0.7 \Rightarrow V_{in} > 4\,V$

وفي هذه الحالة تكون $V_o = 4\,V$

والشرط العام لكون الثنائي الحقيقي حالة قطع (off) هو:

$V_p < V_n + 0.7 \Rightarrow V_{in} < 4\,V$

وفي هذه الحالة تكون $V_o = V_{in}$

ونقوم الآن برسم إشارة الخرج حيث نلاحظ أنه تم قص جزء من الإشارة وهو الجزء فوق مستوى 4 V .

12

المسألة السابعة والثلاثون

في الدارة المبينة جانباً يطلب رسم إشارة الخرج علماً أن إشارة الدخل مبينة في الشكل المجاور والديود مصنوع من السيليكون

الحل

شرط كون الديود الحقيقي حالة تمرير (on) هو:

$V_p > V_n + 0.7$

$1.7 > V_{in} + 0.7 \Rightarrow V_{in} < 1\,V$

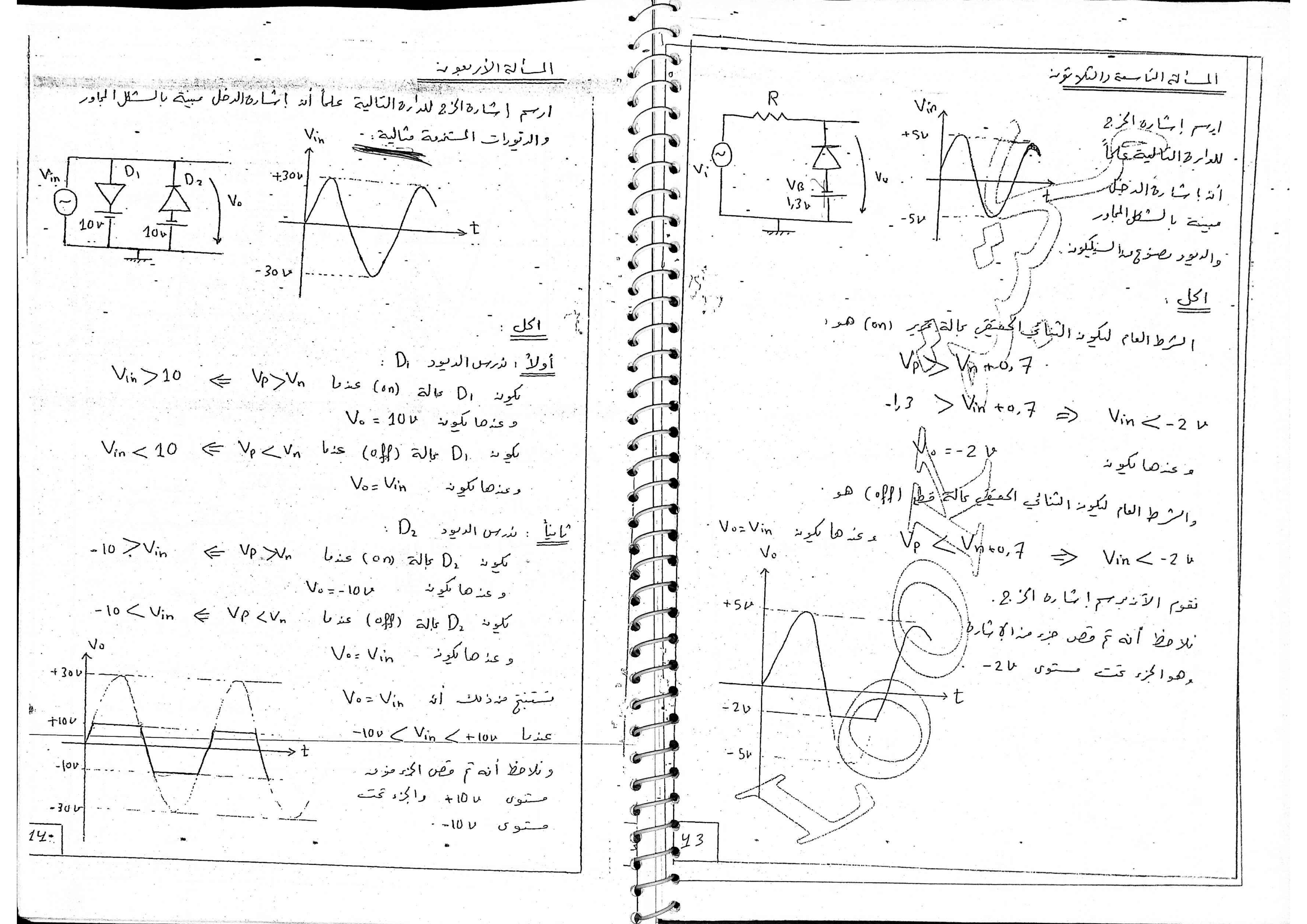
وفي هذه الحالة تكون $V_o = 1\,V$

وشرط كون الديود الحقيقي حالة قطع (off) هو:

$V_p < V_n + 0.7 \Rightarrow V_{in} > 1\,V$

وفي هذه الحالة تكون $V_o = V_{in}$

ونقوم برسم إشارة الخرج حيث نلاحظ أنه تم قص جزء من الإشارة وهو الجزء تحت مستوى 1 V .



المسألة الأربعون

ارسم إشارة الخرج للدارة التالية علماً أن إشارة الدخل مبينة بالشكل المجاور والديودات المستخدمة مثالية :-

الحل :

أولاً : ندرس الديود D_1 :

تكون D_1 بحالة (on) عندما $V_p > V_n \Leftarrow V_{in} > 10$

وعندها تكون $V_o = 10v$

تكون D_1 بحالة (off) عندما $V_p < V_n \Leftarrow V_{in} < 10$

وعندها تكون $V_o = V_{in}$

ثانياً : ندرس الديود D_2 :

تكون D_2 بحالة (on) عندما $V_p > V_n \Leftarrow -10 > V_{in}$

وعندها تكون $V_o = -10v$

تكون D_2 بحالة (off) عندما $V_p < V_n \Leftarrow -10 < V_{in}$

وعندها تكون $V_o = V_{in}$

نستنتج من ذلك أن $V_o = V_{in}$ عندما $-10v < V_{in} < +10v$

ونلاحظ أنه تم قص الجزء من مستوى $+10v$ والجزء تحت مستوى $-10v$.

المسألة التاسعة والثلاثون

ارسم إشارة الخرج للدارة التالية علماً أن إشارة الدخل مبينة بالشكل المجاور والديود مصنوع من السيليكون.

الحل :

الشرط العام لكون الثنائي الحقيقي بحالة تمرير (on) هو :

$V_p > V_n + 0,7$

$-1,3 > V_{in} + 0,7 \Rightarrow V_{in} < -2v$

وعندها تكون $V_o = -2v$

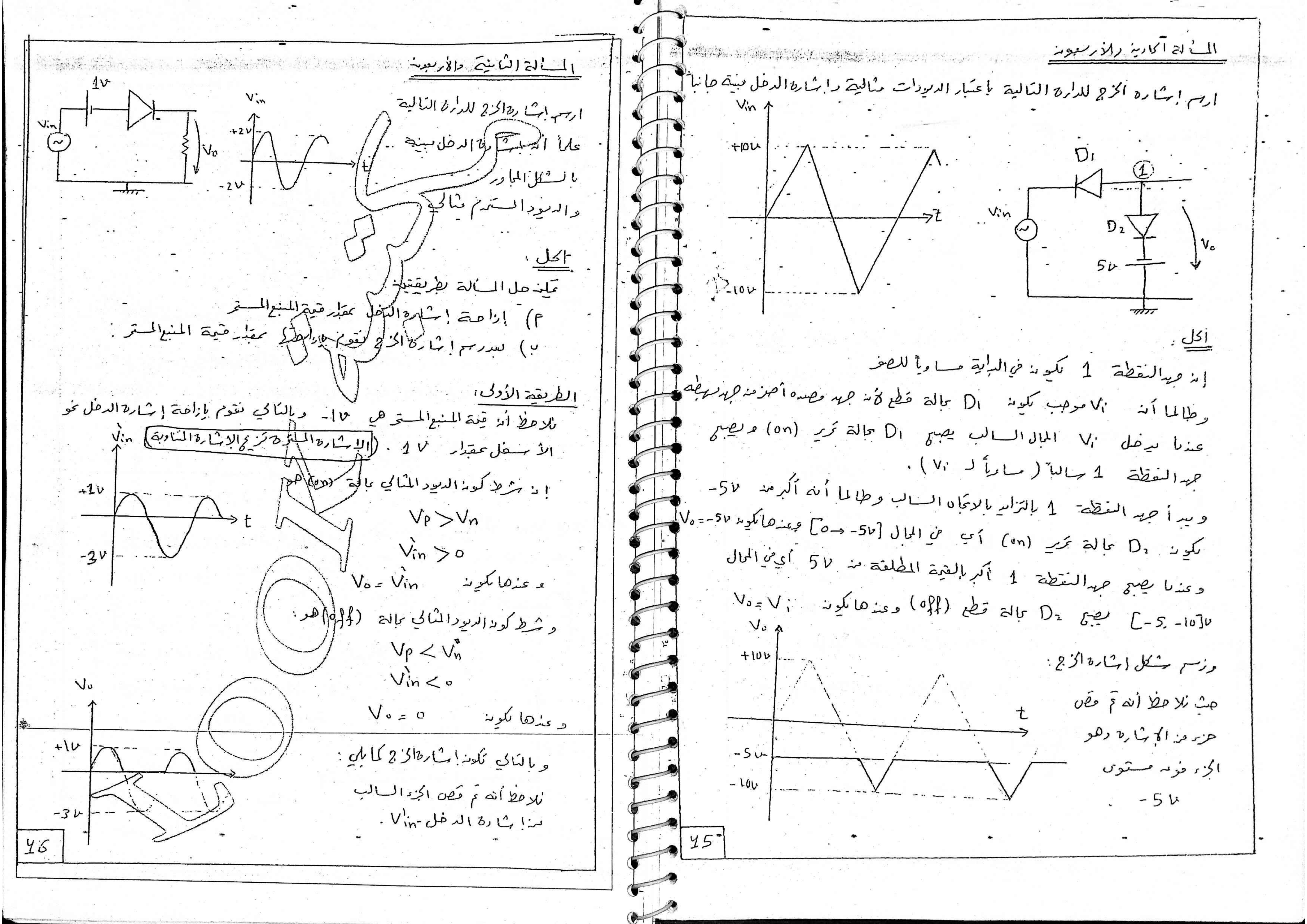
والشرط العام لكون الثنائي الحقيقي بحالة قطع (off) هو

$V_p < V_n + 0,7 \Rightarrow V_{in} < -2v$

وعندها تكون $V_o = V_{in}$

نقوم الآن برسم إشارة الخرج.

نلاحظ أنه تم قص جزء من الإشارة وهو الجزء تحت مستوى $-2v$.



المسألة الثانية والأربعون

ارسم إشارة الخرج للدارة التالية باعتبار الديودات مثالية وإشارة الدخل مبينة جانباً

الحل:

إن جهد النقطة 1 تكون في البداية مساوياً للصفر وطالما أن V_i موجب تكون D_1 بحالة قطع لأن جهد مصعده أصغر من جهد مهبطه عندما يدخل V_i المجال السالب يصبح D_1 بحالة تمرير (on) ويصبح جهد النقطة 1 سالباً (مساوياً لـ V_i).

ويبدأ جهد النقطة 1 بالتزايد بالاتجاه السالب وطالما أنه أكبر من -5v تكون D_2 بحالة تمرير (on) أي في المجال [-5v ← 0] وعندها تكون $V_o = -5v$

وعندما يصبح جهد النقطة 1 أكبر بالقيمة المطلقة من 5v أي في المجال [-5, -10]v يصبح D_2 بحالة قطع (off) وعندها تكون $V_o = V_i$

ونرسم شكل إشارة الخرج:

حيث نلاحظ أنه تم قص جزء من الإشارة وهو الجزء فوق مستوى -5v

المسألة الثالثة والأربعون

ارسم إشارة الخرج للدارة التالية علماً أن إشارة الدخل مبينة بالشكل المجاور والديود المستخدم مثالي

الحل:

تحل هذه المسألة بطريقتين:

أ) إزاحة إشارة الدخل بمقدار قيمة المنبع المستمر

ب) نرسم إشارة الخرج ونقوم بإزاحتها بمقدار قيمة المنبع المستمر.

الطريقة الأولى:

نلاحظ أن قيمة المنبع المستمر هي -1v وبالتالي نقوم بإزاحة إشارة الدخل نحو الأسفل بمقدار 1v. (الإشارة المستمرة تزيح الإشارة المتناوبة)

إن شرط كون الديود المثالي بحالة (on) هو:

$V_p > V_n$

$V_{in} > 0$

وعندها تكون $V_o = V_{in}$

وشرط كون الديود المثالي بحالة (off) هو:

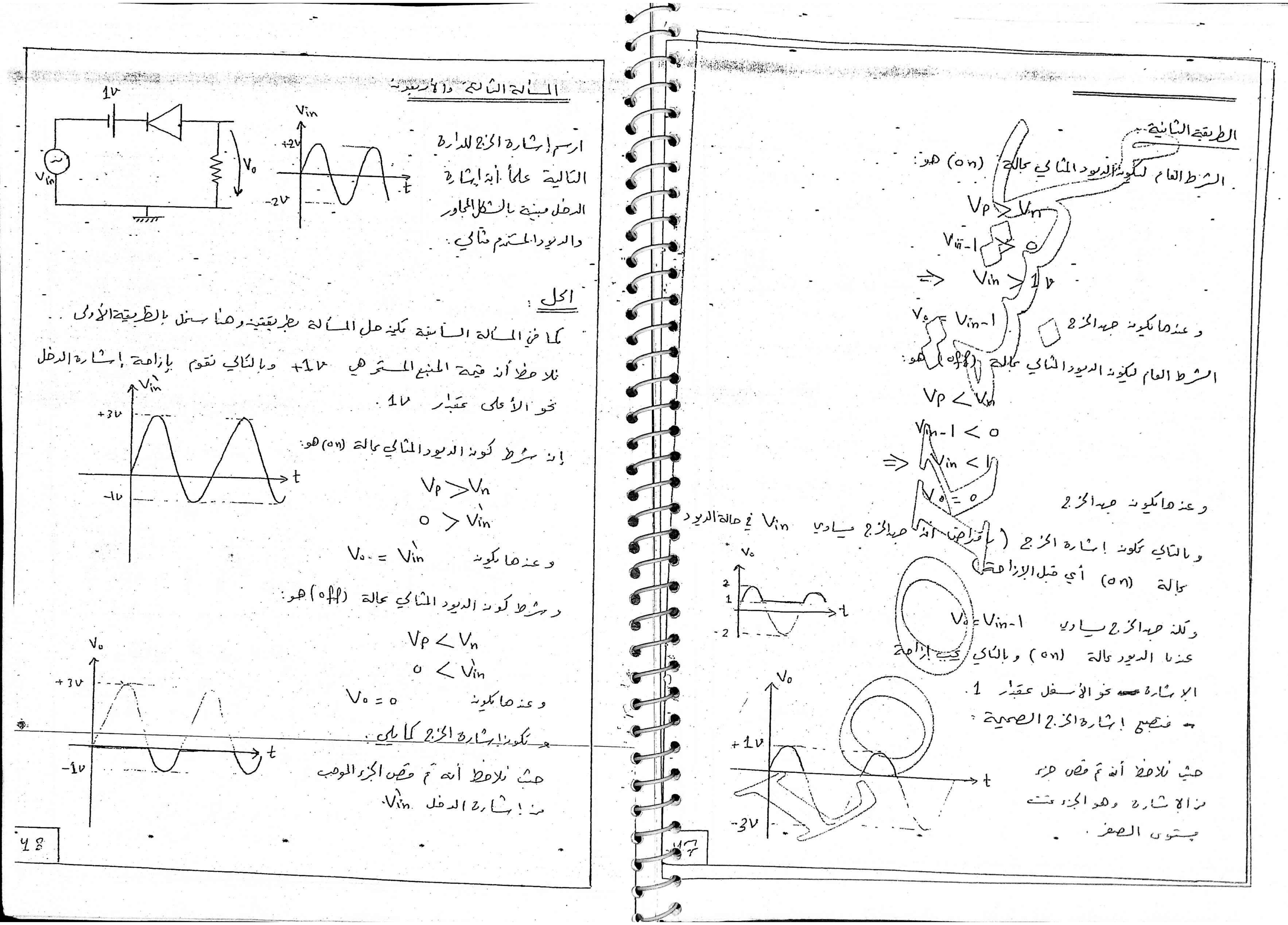
$V_p < V_n$

$V_{in} < 0$

وعندها تكون $V_o = 0$

وبالتالي تكون إشارة الخرج كما يلي:

نلاحظ أنه تم قص الجزء السالب من إشارة الدخل V_{in}.



الطريقة الثانية:

الشرط العام لكون الديود المثالي بحالة (on) هو:

$V_p > V_n$

$V_{in} - 1 > 0$

$\Rightarrow V_{in} > 1V$

وعندها يكون جهد الخرج $V_o = V_{in} - 1$

الشرط العام لكون الديود المثالي بحالة (off) هو:

$V_p < V_n$

$V_{in} - 1 < 0$

$\Rightarrow V_{in} < 1$

وعندها يكون جهد الخرج $V_o = 0$

وبالتالي تكون إشارة الخرج (بافتراض أن جهد الخرج مساويا V_{in} في حالة الديود بحالة (on) أي قبل الإزاحة)

ولكن جهد الخرج مساويا $V_o = V_{in} - 1$ عندما الديود بحالة (on) وبالتالي يجب إزاحة الإشارة نحو الأسفل بمقدار 1.

فتصبح إشارة الخرج الصحيحة:

حيث نلاحظ أنه تم قص جزء من الإشارة وهو الجزء تحت مستوى الصفر.

المسألة الثالثة والأربعون

ارسم إشارة الخرج للدارة التالية علماً أن إشارة الدخل مبينة بالشكل المجاور والديود المستخدم مثالي:

الحل:

كما في المسألة السابقة يمكن حل المسألة بطريقتين وهنا سنحل بالطريقة الأولى..

نلاحظ أن قيمة المنبع المستمر هي $+1V$ وبالتالي نقوم بإزاحة إشارة الدخل نحو الأعلى بمقدار $1V$.

إن شرط كون الديود المثالي بحالة (on) هو:

$V_p > V_n$

$0 > V'_{in}$

وعندها يكون $V_o = V'_{in}$

وشرط كون الديود المثالي بحالة (off) هو:

$V_p < V_n$

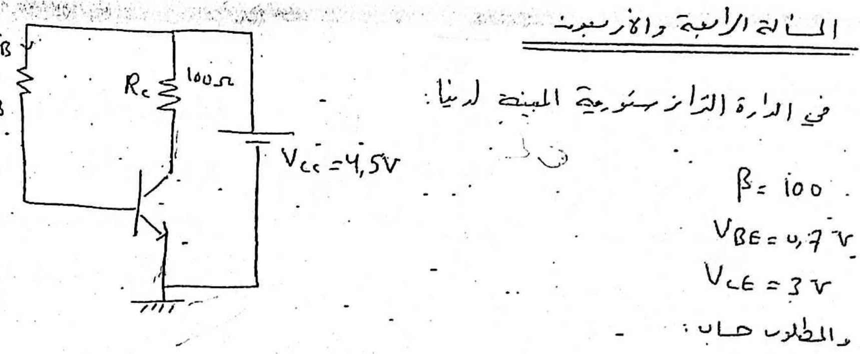
$0 < V'_{in}$

وعندها يكون $V_o = 0$

وتكون إشارة الخرج كما يلي:

حيث نلاحظ أنه تم قص الجزء الموجب من إشارة الدخل V'_{in}.

المسألة الرابعة والاربعين



في الدارة الترانزستورية المبينة لدينا:

$\beta = 100$

$V_{BE} = 0,7V$

$V_{CE} = 3V$

والمطلوب حساب:

أ) قيمة تيار المجمع I_c

ب) قيمة المقاومة R_B

الحل:

أ) نكتب كيرشوف لدارة الخرج:

$$V_{cc} = I_c \cdot R_c + V_{CE} \Rightarrow I_c = \frac{V_{cc} - V_{CE}}{R_c}$$

$$I_c = \frac{4,5 - 3}{100} = 15\ mA$$

ب)

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} = 1,5 \cdot 10^{-4}\ A$$

وبكتابة كيرشوف للدخل:

$$V_{cc} = I_B R_B + V_{BE} \Rightarrow R_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_B}$$

$$R_B = \frac{4,5 - 0,7}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 25,3\ K\Omega$$

المسألة الخامسة والاربعين BJT

لدينا الدارة المبينة في الشكل:

R_c, I_c, I_B, R_B, E_1 1,5V, E_2 6V

فيه:

$\beta = 80$

$I_B = 2,5\ mA$

$V_{BE} = 0,6V$

$V_{CE} = 4V$

- أوجد قيمة كل منه R_B و R_c:

الحل:

بتطبيق كيرشوف الثاني على حلقة الدخل:

$$E_1 = I_B R_B + V_{BE}$$

$$R_B = \frac{E_1 - V_{BE}}{I_B} = \frac{1,5 - 0,6}{2,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow R_B = 360\ \Omega$$

لدينا العلاقة:

$$I_c = \beta \cdot I_B$$

$$I_c = 0,2\ A$$

بتطبيق كيرشوف الثاني على حلقة الخرج:

$$E_2 = I_c R_c + V_{CE}$$

$$R_c = \frac{E_2 - V_{CE}}{I_c} = \frac{6 - 4}{0,2}$$

$$\Rightarrow R_c = 10\ \Omega$$

المسألة الواحدة والأربعون

في الدارة المبينة: $V_{BE} = 0{,}7V$ ، $\beta = 100$

أوجد قيمة R_B كي يكون $V_{CE} = 5V$

ثم أوجد قيمة كلاً من V_{CB} ، I_E ، α

R_c = 5kΩ ، $V_{cc} = 20V$ ، R_B ، V_{BB} = 15V

الحل:

بتطبيق كيرشوف الثاني على حلقة الخرج:

$$V_{cc} = I_c \cdot R_c + V_{CE} \Rightarrow I_c = \frac{V_{cc} - V_{CE}}{R_c}$$

$$\Rightarrow I_c = 3\ mA$$

بتطبيق كيرشوف الثاني على حلقة الدخل:

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} \Rightarrow R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B}$$

نحسب I_B من العلاقة:

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} = 30\ \mu A$$

$$\Rightarrow R_B = 477\ k\Omega$$

ومن العلاقة:

$$V_{CE} = V_{BE} + V_{CB} \Rightarrow V_{CB} = V_{CE} - V_{BE} = 4{,}3V$$

$$I_E = I_c + I_B \Rightarrow I_E = 3{,}03\ mA$$

$$\alpha = \frac{I_c}{I_E} = 0{,}99$$

المسألة الثانية والأربعون

في الدارة المبينة يطلب حساب إحداثيات نقطة العمل للترانزستور:

علماً أن:

$V_{BE} = 0{,}7V$ ، $V_{cc} = 10V$ ، $\beta = 100$

$R_B = 100k\Omega$ ، $V_{BB} = 4{,}7V$ ، $R_c = 1k\Omega$

الحل:

نطبق كيرشوف الثاني على حلقة الدخل:

$$V_{BB} = V_{BE} + I_B R_B \Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

$$\Rightarrow I_B = 40\ \mu A$$

$$\Rightarrow I_c = \beta \cdot I_B = 40 \cdot 10^{-6} \times 100$$

$$\Rightarrow I_c = 4\ mA$$

نطبق كيرشوف الثاني على حلقة الخرج:

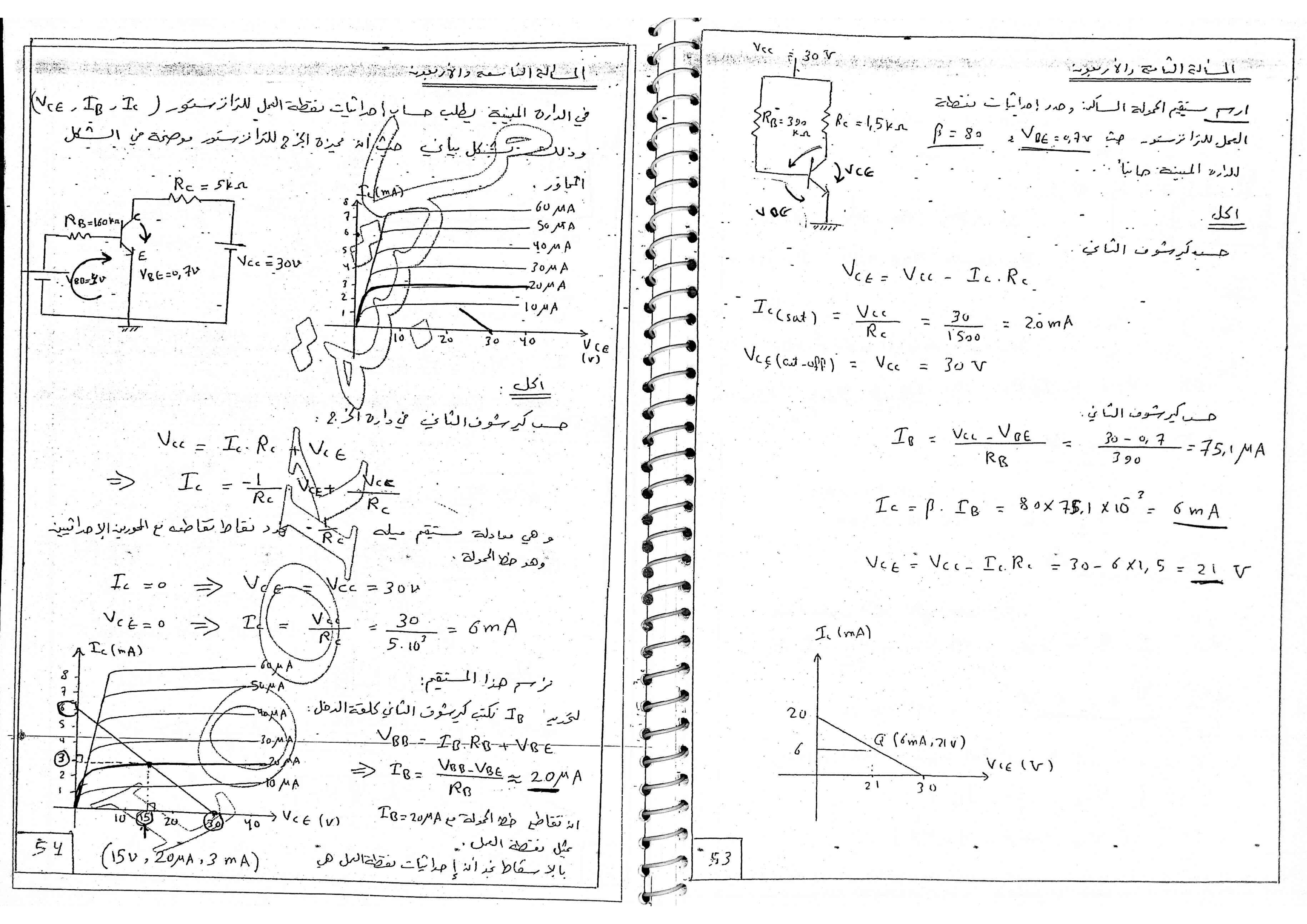
$$V_{cc} = I_c \cdot R_c + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - I_c \cdot R_c$$

$$\Rightarrow V_{CE} = 6\ V$$

وبالتالي إحداثيات نقطة العمل هي:

$$Q\ (V_{CE},\ I_c,\ I_B)$$

$$Q\ (6V,\ 4mA,\ 40\mu A)$$



المسألة الثامنة والأربعون

ارسم مستقيم الحمولة الساكن وحدد إحداثيات نقطة العمل للترانزستور حيث $V_{BE} = 0,7V$ و $\beta = 80$ للدارة المبينة جانباً.

الحل

حسب كيرشوف الثاني

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{30}{1500} = 20\,mA$$

$$V_{CE(cut-off)} = V_{CC} = 30\,V$$

حسب كيرشوف الثاني

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{30 - 0,7}{390} = 75,1\,\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 80 \times 75,1 \times 10^{-3} = 6\,mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 30 - 6 \times 1,5 = 21\,V$$

المسألة التاسعة والأربعون

في الدارة المبينة يطلب حساب إحداثيات نقطة العمل للترانزستور (V_{CE} ، I_B ، I_C) وذلك بشكل بياني حيث أن مميزة الخرج للترانزستور موضحة في الشكل المجاور.

الحل:

حسب كيرشوف الثاني في دارة الخرج:

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE}$$

$$\Rightarrow I_C = -\frac{1}{R_C} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C}$$

وهي معادلة مستقيم ميله $-\frac{1}{R_C}$ نحدد نقاط تقاطعه مع المحورين الإحداثيين وهو خط الحمولة.

$$I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} = 30\,V$$

$$V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{30}{5 \cdot 10^3} = 6\,mA$$

نرسم هذا المستقيم:

لتحديد I_B نكتب كيرشوف الثاني لحلقة الدخل:

$$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{BE}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \approx 20\,\mu A$$

إن تقاطع خط الحمولة مع $I_B = 20\,\mu A$ يمثل نقطة العمل.

بالإسقاط نجد أن إحداثيات نقطة العمل هي:

(15V , 20μA , 3 mA)

المسألة الخمسون

لتكن لدينا الدارة التالية التي تضم ترانزستور BJT نوع npn

R_E, I_E, I_C, $R_C = 4k\Omega$, V_{EE} 10V, V_{CC} 10V

حيث : $V_{CB} = 5V$ و $V_{BE} = 0{,}7V$ و $\alpha = 0{,}98$

والمطلوب حساب : I_C و I_E و R_E

الحل :

نطبق كيرشوف الثاني على حلقة الخرج :

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CB}$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CB}}{R_C} = \frac{10 - 5}{4 \times 10^3} \Rightarrow \boxed{I_C = 1{,}25\ mA}$$

ولدينا علاقة α :

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \Rightarrow I_E = \frac{I_C}{\alpha} = \frac{1{,}25}{0{,}98}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_E = 1{,}275\ mA}$$

نطبق كيرشوف الثاني على حلقة الدخل

$$V_{EE} = I_E \cdot R_E + V_{BE}$$

$$\Rightarrow R_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{I_E} = \frac{10 - 0{,}7}{1{,}275 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow$$

$$\boxed{R_E = 7{,}29\ k\Omega}$$

المسألة الحادية والخمسون

$V_{CC} = 15V$, R_B 330kΩ, I_B, $R_C = 2k\Omega$, I_C, I_E, $R_E = 1k\Omega$

في الدارة المبينة جانباً نطلب حساب :

V_B ، V_E ، V_C ، V_{CE} ، I_C ، I_B ، V_{BC}

علماً أنه : $V_{BE} = 0{,}7V$ ، $\beta = 100$

الحل :

نطبق كيرشوف على الدخل :

$$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E$$

لكن $I_E = (1+\beta) I_B \Leftarrow$

$$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (1+\beta) I_B \cdot R_E$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1+\beta) R_E} = \frac{15 - 0{,}7}{330 \times 10^3 + (1+100) \times 10^3} \Rightarrow \boxed{I_B = 33{,}18\ \mu A}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 33{,}18 \times 10^{-6} \Rightarrow \boxed{I_C = 3{,}318\ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B \Rightarrow \boxed{I_E = 3{,}351\ mA}$$

نطبق كيرشوف على حلقة الخرج :

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{CE}} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = \boxed{5\ V}$$

ولدينا أيضاً

$$\boxed{V_C} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = \boxed{8{,}364\ V}$$

ونعلم أنه :

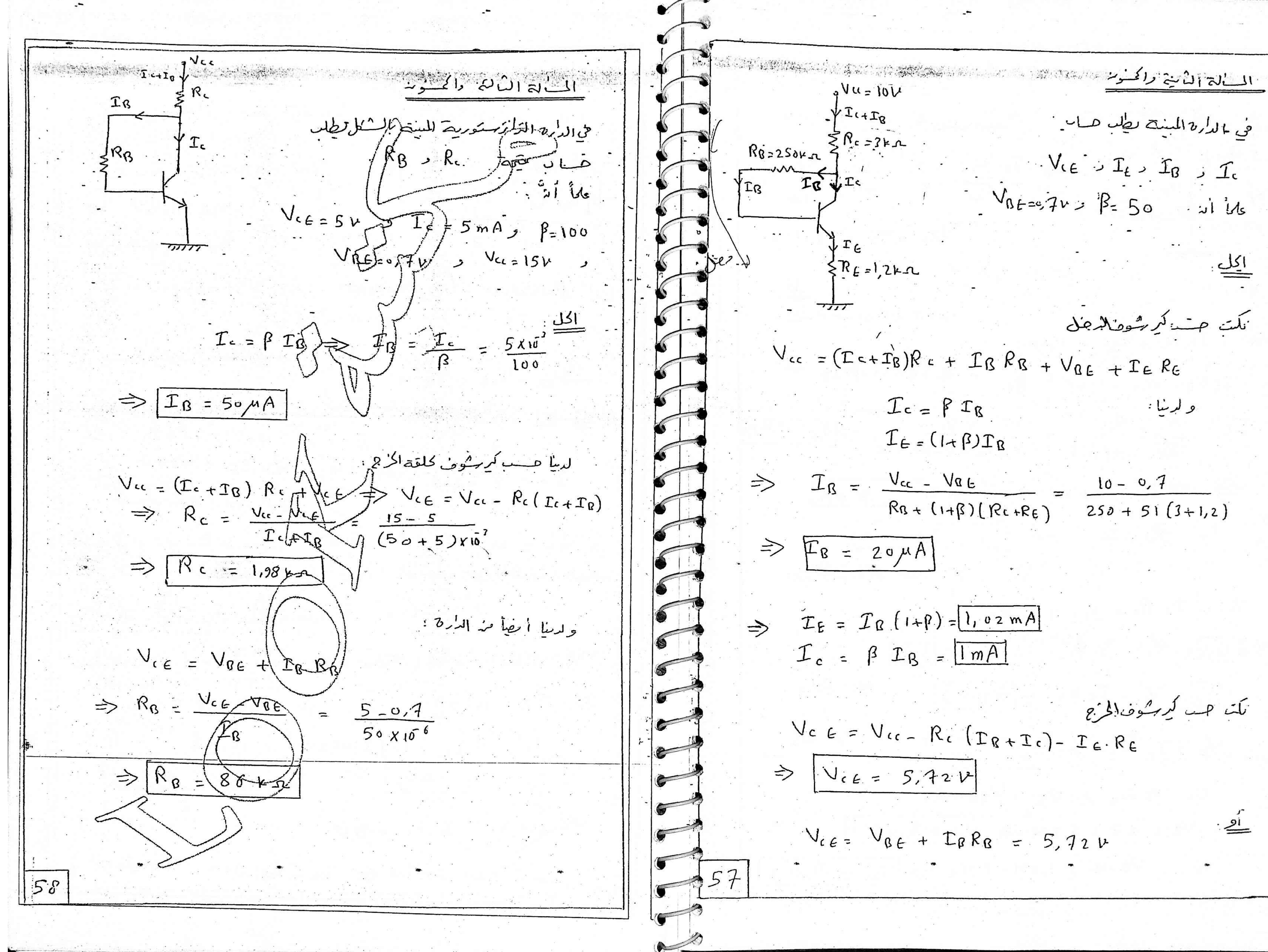
$$V_E = I_E \cdot R_E \Rightarrow \boxed{V_E = 3{,}351\ V}$$

و

$$V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow V_B = V_{BE} + V_E$$

$$\Rightarrow V_B = 0{,}7 + 3{,}351 \Rightarrow \boxed{V_B = 4{,}051\ V}$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = 4{,}051 - 8{,}364 \Rightarrow \boxed{V_{BC} = -4{,}313\ V}$$



المسألة الثانية والحلول

في الدارة المبينة يطلب حساب:

V_{CE} و I_E و I_B و I_C

علماً أن: $\beta = 50$ و $V_{BE} = 0,7V$

الحل:

نكتب حسب كيرشوف الأجل

$$V_{cc} = (I_C + I_B)R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

ولدينا:

$$I_C = \beta I_B$$
$$I_E = (1+\beta) I_B$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_B + (1+\beta)(R_C + R_E)} = \frac{10 - 0,7}{250 + 51(3+1,2)}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_B = 20\mu A}$$

$$\Rightarrow I_E = I_B(1+\beta) = \boxed{1,02 mA}$$
$$I_C = \beta I_B = \boxed{1mA}$$

نكتب حسب كيرشوف الخرج

$$V_{CE} = V_{cc} - R_C(I_B + I_C) - I_E \cdot R_E$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{CE} = 5,72V}$$

أو

$$V_{CE} = V_{BE} + I_B R_B = 5,72V$$

المسألة الثالثة والحلول

في الدارة الترانزستورية المبينة بالشكل يطلب حساب قيمتي R_B و R_C

علماً أنَّ: $V_{CE} = 5V$ و $I_C = 5mA$ و $\beta = 100$ و $V_{BE} = 0,7V$ و $V_{cc} = 15V$

الحل:

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5\times10^{-3}}{100}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_B = 50\mu A}$$

لدينا حسب كيرشوف لحلقة الخرج:

$$V_{cc} = (I_C + I_B) R_C + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - R_C(I_C + I_B)$$

$$\Rightarrow R_C = \frac{V_{cc} - V_{CE}}{I_C + I_B} = \frac{15 - 5}{(50+5)\times10^{-?}}$$

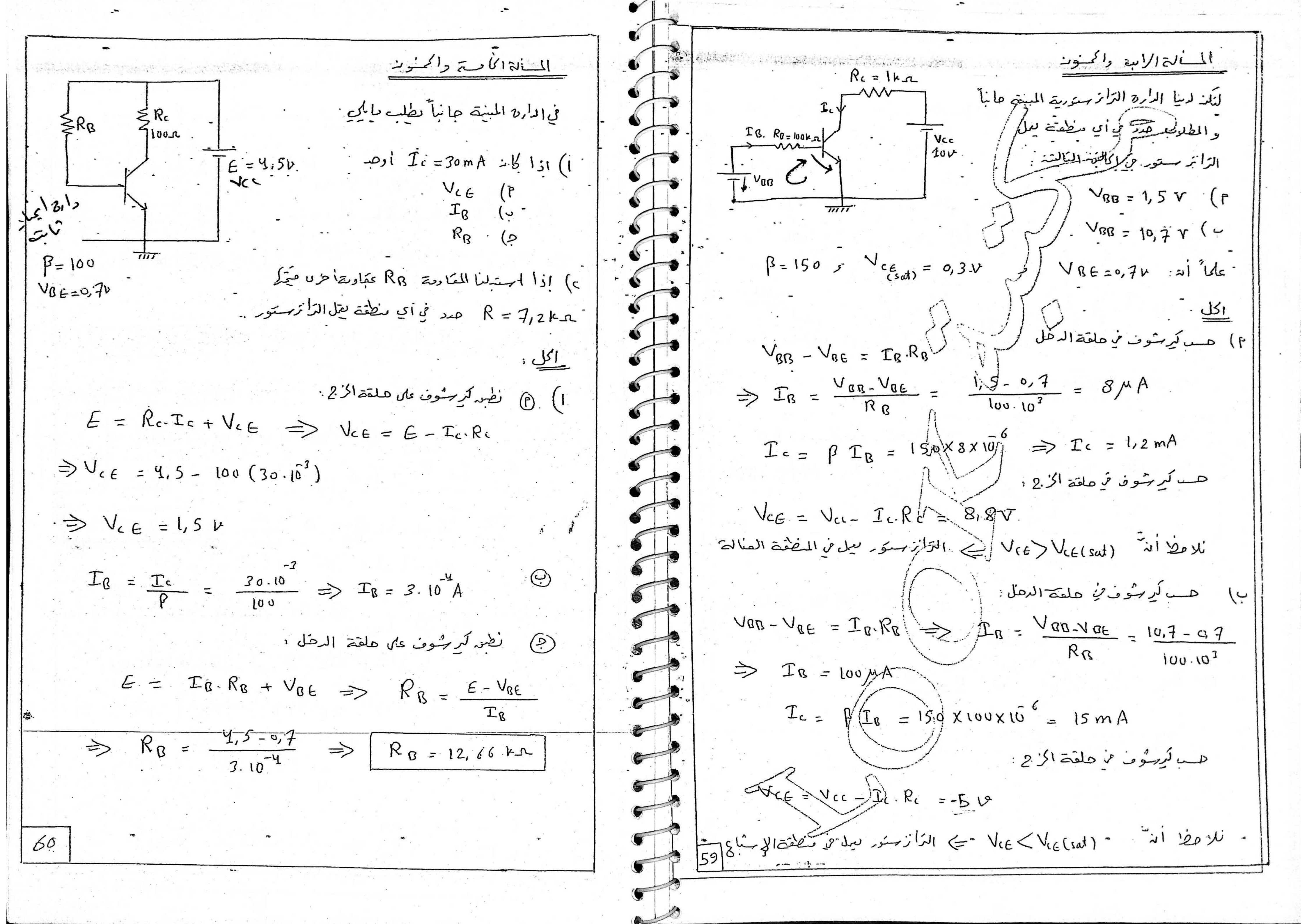
$$\Rightarrow \boxed{R_C = 1,98k\Omega}$$

ولدينا أيضاً من الدارة:

$$V_{CE} = V_{BE} + I_B R_B$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{V_{CE} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,7}{50\times10^{-6}}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_B = 86k\Omega}$$



المسألة الرابعة والخمسون

لتكن لدينا الدارة الترانزستورية المبينة جانباً والمطلوب حدد في أي منطقة يعمل الترانزستور في الحالات التالية:

أ) $V_{BB} = 1,5\ V$

ب) $V_{BB} = 10,7\ V$

علماً أن: $V_{BE} = 0,7V$ ، $\beta = 150$ ، $V_{CE(sat)} = 0,3V$

$R_C = 1k\Omega$ ، $R_B = 100k\Omega$ ، $V_{CC} = 10V$

الحل

أ) حسب كيرشوف في حلقة الدخل

$$V_{BB} - V_{BE} = I_B . R_B$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{1,5 - 0,7}{100 . 10^3} = 8\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 150 \times 8 \times 10^{-6} \Rightarrow I_C = 1,2\ mA$$

حسب كيرشوف في حلقة الخرج:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C . R_C = 8,8V$$

نلاحظ أنّ $V_{CE} > V_{CE(sat)}$ $\Leftarrow$ الترانزستور يعمل في المنطقة الفعالة

ب) حسب كيرشوف في حلقة الدخل:

$$V_{BB} - V_{BE} = I_B . R_B \Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10,7 - 0,7}{100 . 10^3}$$

$$\Rightarrow I_B = 100\mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 150 \times 100 \times 10^{-6} = 15\ mA$$

حسب كيرشوف في حلقة الخرج:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C . R_C = -5V$$

نلاحظ أنّ $V_{CE} < V_{CE(sat)}$ $\Leftarrow$ الترانزستور يعمل في منطقة الإشباع.

المسألة الخامسة والخمسون

في الدارة المبينة جانباً نطلب مايلي:

$E = 4,5V$ (V_{CC}) ، $R_C = 100\Omega$ ، $\beta = 100$ ، $V_{BE} = 0,7V$ (داخلياً ثابت)

1) إذا كان $I_C = 30mA$ أوجد

أ) V_{CE}

ب) I_B

ج) R_B

2) إذا استبدلنا المقاومة R_B بمقاومة أخرى متغيرة حدد في أي منطقة يعمل الترانزستور عند $R = 7,2k\Omega$.

الحل:

1) أ. نطبق كيرشوف على حلقة الخرج:

$$E = R_C . I_C + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = E - I_C . R_C$$

$$\Rightarrow V_{CE} = 4,5 - 100\ (30 . 10^{-3})$$

$$\Rightarrow V_{CE} = 1,5\ V$$

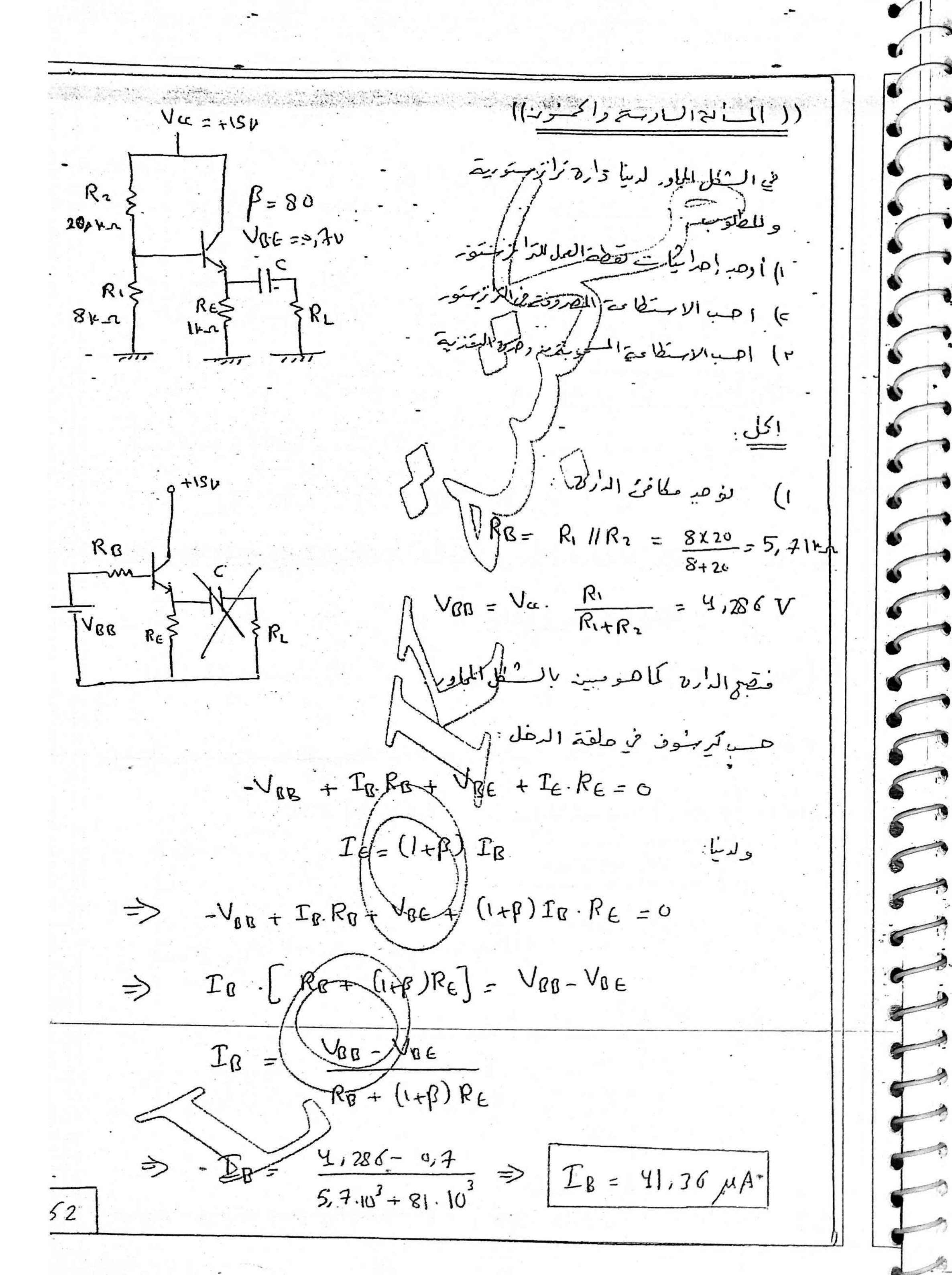
ب)

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{30 . 10^{-3}}{100} \Rightarrow I_B = 3 . 10^{-4} A$$

ج) نطبق كيرشوف على حلقة الدخل:

$$E = I_B . R_B + V_{BE} \Rightarrow R_B = \frac{E - V_{BE}}{I_B}$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{4,5 - 0,7}{3 . 10^{-4}} \Rightarrow R_B = 12,66\ k\Omega$$



((المسائل السادسة والعشرون))

في الشكل المجاور لدينا دارة ترانزستورية والمطلوب:

1) أوجد إحداثيات نقطة العمل للترانزستور

2) احسب الاستطاعة المصروفة في الترانزستور

3) احسب الاستطاعة المسحوبة من منبع التغذية

الحل:

1) نوحد مكافئ الدارة:

$$R_B = R_1 // R_2 = \frac{8 \times 20}{8+20} = 5,71 k\Omega$$

$$V_{BB} = V_{cc} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 4,286\ V$$

فتصبح الدارة كما هو مبين بالشكل المجاور

حسب كيرشوف في حلقة الدخل:

$$-V_{BB} + I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E = 0$$

ولدينا:

$$I_E = (1+\beta)\, I_B$$

$$\Rightarrow -V_{BB} + I_B \cdot R_B + V_{BE} + (1+\beta) I_B \cdot R_E = 0$$

$$\Rightarrow I_B \cdot \left[R_B + (1+\beta) R_E \right] = V_{BB} - V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (1+\beta) R_E}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{4,286 - 0,7}{5,7 \cdot 10^3 + 81 \cdot 10^3} \Rightarrow \boxed{I_B = 41,36\ \mu A}$$

2) لمعرفة منطقة عمل الترانزستور يجب معرفة $I_{c(sat)}$ ومقارنتها مع I_c

تطبيق كيرشوف على حلقة الدخل:

$$E = I_B \cdot R_B + V_{BE}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{E - V_{BE}}{R_B} = \frac{4,5 - 0,7}{7,2 \cdot 10^3} = 0,527\ mA$$

$$\Rightarrow I_c = \beta\, I_B = 100 \times 0,52 \Rightarrow \boxed{I_c = 52\ mA}$$

نحسب $I_{c(sat)}$ ،

إن $I_{c(sat)}$ تقابل $V_{CE} = 0 \Leftarrow$

$$E = I_c \cdot R_c + V_{CE}$$

$$V_{CE} = 0 \Rightarrow I_{c(sat)} = \frac{E}{R_c} = \frac{4,5}{100} \Rightarrow \boxed{I_{c(sat)} = 45 mA}$$

بالمقارنة نجد أنه:

$$I_c > I_{c(sat)}$$

وبالتالي الترانزستور يعمل في منطقة الإشباع.

نحسب I_E

$$I_E = (1+\beta) I_B = 81 \times 41{,}63 \cdot 10^{-6}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_E = 3{,}35 \text{ mA}}$$

نحسب I_c:

$$I_c = \beta \cdot I_B = 80 \times 41{,}36 \cdot 10^{-6}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_c = 3{,}30 \text{ mA}}$$

حسب كيرشوف الثاني في حلقة الخرج

$$V_{cc} = I_E \cdot R_E + V_{CE}$$

$$\Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - I_E \cdot R_E = 15 - 3{,}35 \times 1$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{CE} = 11{,}65 \text{ V}}$$

إذاً إحداثيات نقطة العمل هي: $Q(V_{CE}, I_c, I_B) = (11{,}65\text{V}, 3{,}3\text{mA}, 41{,}36\mu\text{A})$

2) نحسب الاستطاعة المصروفة في الترانزستور كالتالي

$$P_t = V_{CEQ} \cdot I_{CQ} = 11{,}65 \times 3{,}3 \cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{P_t = 38{,}445 \text{ mW}}$$

3) نحسب الاستطاعة المسحوبة من وحدة التغذية كالتالي

$$P_{V_{cc}} = \frac{V_{cc}^2}{R_1 + R_2} + V_{cc} \cdot I_{CQ}$$

$$= \frac{(15)^2}{28 \cdot 10^3} + 15 \times 3{,}3 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-3} + 49{,}5 \cdot 10^{-3}$$

$$= 57{,}5 \text{ mW}$$

ملاحظة: لا يمر تيار مستمر في المقاومة R_L بسبب وجود المكثف C

المسألة السابعة والعشرون

في الدارة المبينة جانباً ارسم خط الحمولة الساكن وحدد إحداثيات نقطة العمل

حيث $V_{BE} = 0{,}7\text{V}$ ، $\alpha \simeq 1$

$V_{cc} = 30\text{V}$، $R_1 = 20\text{k}\Omega$، $R_C = 4\text{k}\Omega$، $R_2 = 10\text{k}\Omega$، $R_E = 5\text{k}\Omega$

الحل

حسب كيرشوف الثاني

$$V_{CE} = V_{cc} - I_c \cdot R_c - I_E \cdot R_E$$

وباعتبار $\alpha \simeq 1 \Rightarrow I_c \simeq I_E$

$$\Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - (R_c + R_E) \cdot I_c$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_{CE(cut\text{-}off)} = V_{cc} = 30 \text{ V} \\ I_{c(sat)} = \dfrac{V_{cc}}{R_c + R_E} = \dfrac{30}{5+4} = 3{,}33 \text{ mA} \end{cases}$$

$$V_{R_2} = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 30 \cdot \frac{10}{10+20} = 10 \text{ V}$$

$$I_c \simeq I_E = \frac{V_{R_2} - V_{BE}}{R_E} = \frac{10 - 0{,}7}{5 \times 10^3} = 1{,}86 \text{mA}$$

$$\Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - (R_c + R_E) \cdot I_c$$

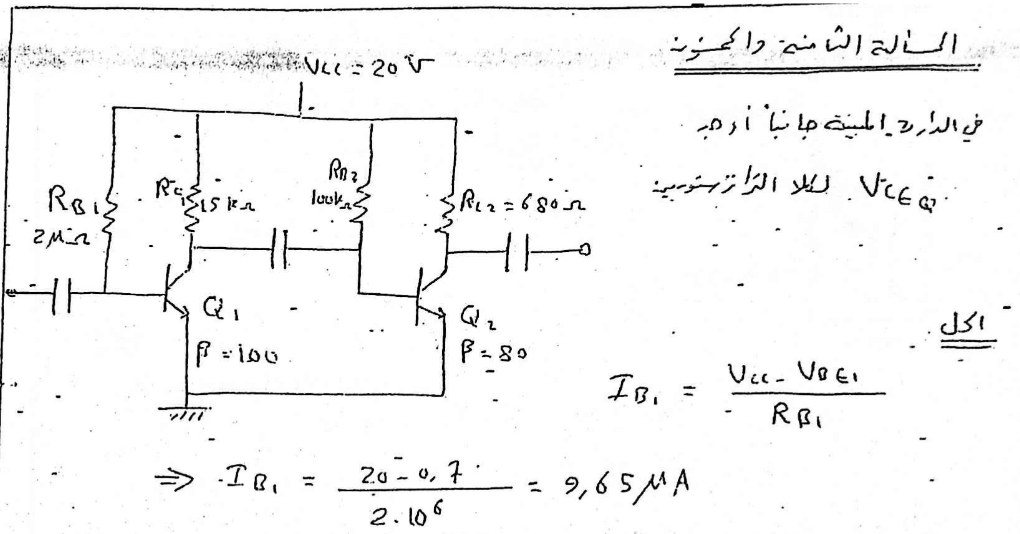
$$= 30 - (5+4) \cdot 1{,}86$$

$$= 13{,}3 \text{ V}$$

I_c (mA)، 3,33، 1,86، Q (1,86mA, 13,3V)، 13,3، 30، V_{CE} (V)

المسألة الثامنة والعشرون

في الدارة المبينة جانباً أوجد V_{CEQ} لكلا الترانزستورين.



الحل

$$I_{B_1} = \frac{V_{cc} - V_{BE_1}}{R_{B_1}}$$

$$\Rightarrow I_{B_1} = \frac{20 - 0,7}{2.10^6} = 9,65 \mu A$$

$$\Rightarrow I_{C_1} = \beta I_{B_1} = 100 \times 9,65 \times 10^{-6} = 0,965 mA$$

حسب كيرشوف الثاني:

$$V_{CE_1} = V_{cc} - I_{C_1} . R_{C_1} = 20 - 0,965 \times 15 = 5,525 V$$

$$I_{B_2} = \frac{V_{cc} - V_{BE_2}}{R_{B_2}} = \frac{20 - 0,7}{100.10^3} = 0,193 mA$$

$$I_{C_2} = \beta_2 \times I_{B_2} = 80 \times 0,193 = 15,44 mA$$

حسب كيرشوف الثاني:

$$V_{CE_2} = V_{cc} - I_{C_2} . R_{C_2} = 20 - 15,44 \times 0,68 = 9,5 V$$

المسألة التاسعة والعشرون

لتكن الدارة المبينة جانباً ومعطى:

$\beta = 150$ و $V_{BE} = 0,7 V$

أوجد بارامترات نقطة العمل للترانزستور.

الحل:

نكافئ المقاومتين الموصولتين على التفرع R_2 و R_3:

$$R' = R_2 // R_3 = \frac{R_2 . R_3}{R_2 + R_3} = \frac{130 \times 100}{130 + 100} = 56,5 k\Omega$$

نكافئ R' مع R_1 مع R_4:

$$R_8 = R_1 + R_4 + R' = 150 + 90 + 56,5 = 296,5 k\Omega$$

تصبح الدارة كما يلي:

حسب كيرشوف نكتب:

$$V_{cc} = (I_C + I_B) R_5 + I_B R_8 + V_{BE} + I_E R_7$$

ولدينا:

$$I_E = I_C + I_B = (1 + \beta) I_B$$

و

$$I_C = \beta I_B$$

نعوض:

$$V_{cc} = (1 + \beta) I_B . R_5 + I_B R_8 + V_{BE} + (1 + \beta) I_B . R_7$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_5 (1 + \beta) + R_8 + R_7 (1 + \beta)}$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_8 + (1+\beta)(R_5 + R_7)} = \frac{10 - 0,7}{296,5 + 151 \times 7,7}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_B = 6,4\ \mu A}$$

$$\Rightarrow I_c = \beta\ I_B = 150 \times 6,4 \times 10^{-6} \Rightarrow \boxed{I_c = 0,96\ mA}$$

$$I_E = (1+\beta) I_B = 151 \times 6,4 \times 10^{-6} \Rightarrow \boxed{I_E \approx 0,97\ mA}$$

حسب كيرشوف في الجزء 2 نكتب:

$$V_{cc} = R_5 (I_c + I_B) + V_{CE} + I_c R_6 + I_E \cdot R_7$$

$$\Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - (I_c + I_B) R_5 - I_c R_6 - I_E R_7$$

$$V_{CE} = V_{cc} - I_E R_5 - I_E R_7 - I_c R_6$$

$$V_{CE} = V_{cc} - I_E (R_5 + R_7) - I_c R_6$$

$$= 10 - 0,97 (7,7) - 0,96 \times 0,3 =$$

$$= 10 - 7,469 - 0,288 = 2,243V$$

وبالتالي تكون إحداثيات نقطة العمل

$$\boxed{I_c = 0,96\ mA \quad I_B = 6,4\ \mu A \quad V_{CE} = 2,243V}$$

المسألة السابعة

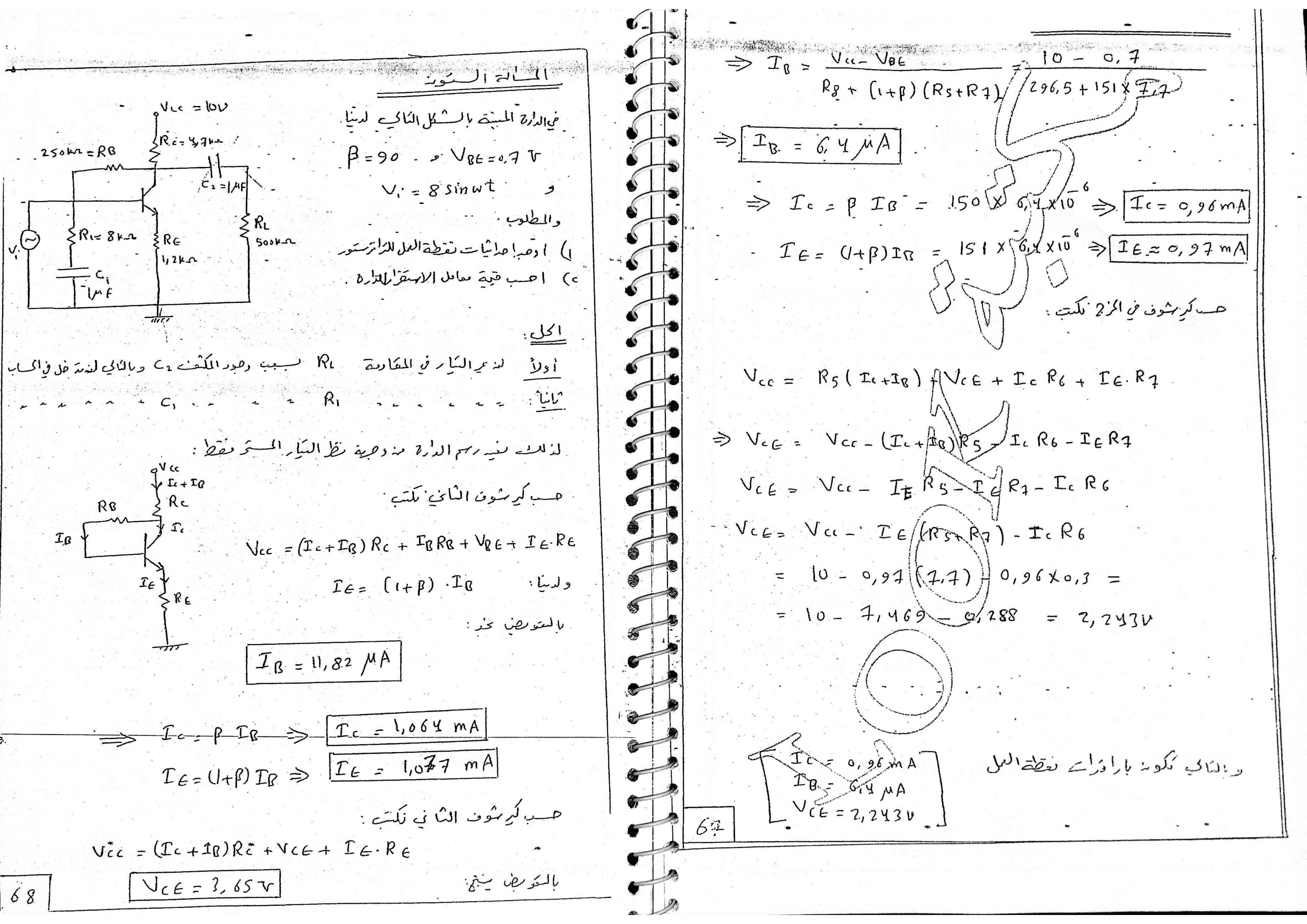
في الدارة المبينة بالشكل التالي لدينا

$\beta = 90$ و $V_{BE} = 0,7\ V$

و $V_i = 8 \sin wt$

والمطلوب:

1) أوجد إحداثيات نقطة العمل للترانزستور
2) احسب قيمة معامل الاستقرار للدارة.



الحل:

أولاً: لا يمر التيار في المقاومة R_L بسبب وجود المكثف C_2 وبالتالي لا ندخل في الحساب

ثانياً: " " " " " R_1 " " " " " C_1 " " " " "

لذلك نعيد رسم الدارة من وجهة نظر التيار المستمر فقط:

حسب كيرشوف الثاني نكتب

$$V_{cc} = (I_c + I_B) R_c + I_B R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E$$

ولدينا: $I_E = (1+\beta) \cdot I_B$

بالتعويض نجد:

$$\boxed{I_B = 11,82\ \mu A}$$

$$\Rightarrow I_c = \beta\ I_B \Rightarrow \boxed{I_c = 1,064\ mA}$$

$$I_E = (1+\beta) I_B \Rightarrow \boxed{I_E = 1,077\ mA}$$

حسب كيرشوف الثاني نكتب:

$$V_{cc} = (I_c + I_B) R_c + V_{CE} + I_E \cdot R_E$$

بالتعويض ينتج:

$$\boxed{V_{CE} = 3,65\ V}$$

إذاً إحداثيات نقطة العمل هي:

$$Q(V_{CE}, I_C, I_B) = (3{,}65\ V,\ 1{,}064\ mA,\ 11{,}82\ \mu A)$$

ج) من العلاقة

$$V_{cc} = I_E R_c + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

وعلماً أن

$$I_c = \beta I_B$$
$$I_E = (1+\beta) I_B$$

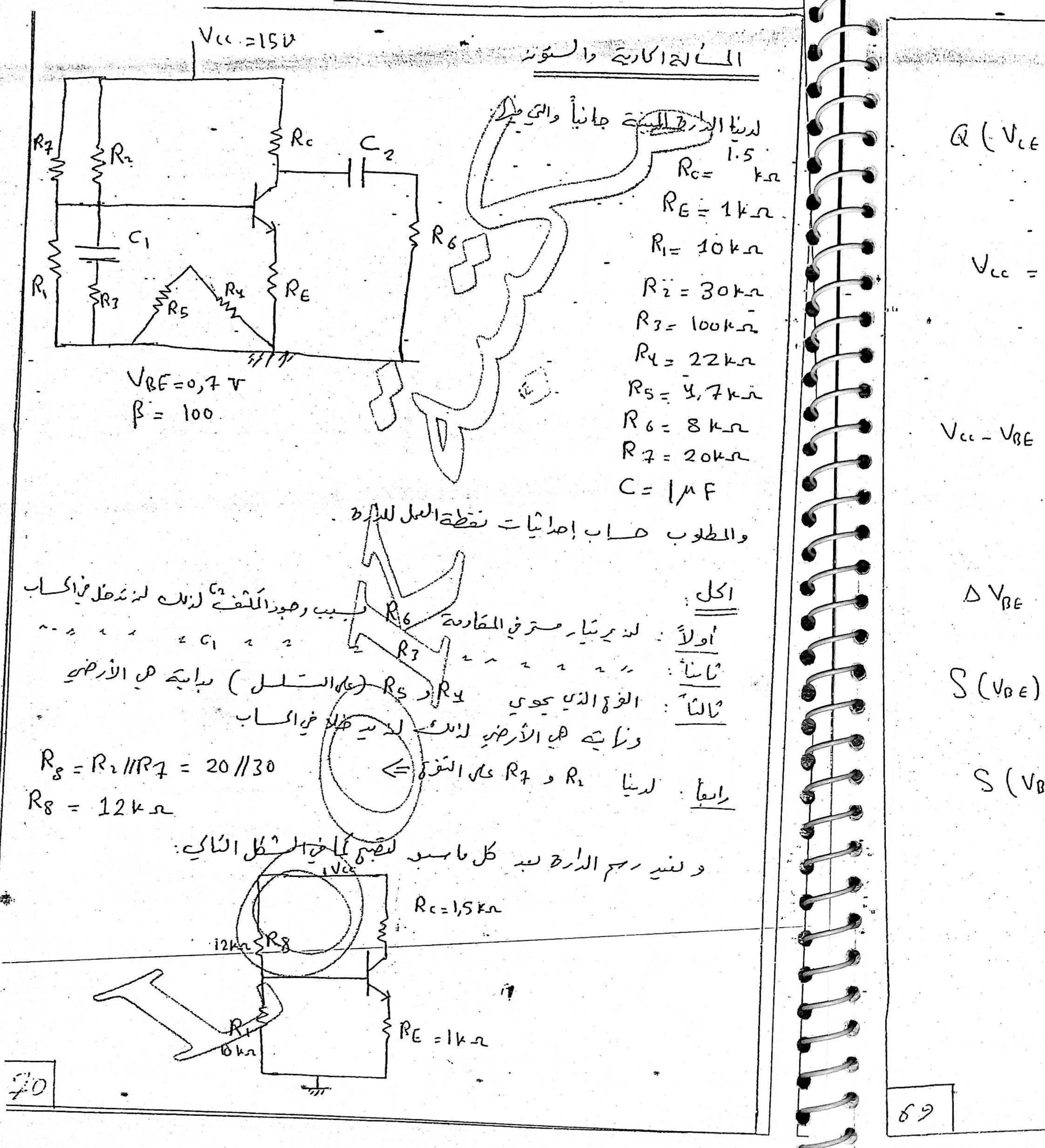
$$V_{cc} - V_{BE} = \frac{\beta+1}{\beta} I_c \cdot R_c + \frac{I_c}{\beta} R_B + \frac{\beta+1}{\beta} I_c \cdot R_B$$

$$= I_c \cdot \frac{(\beta+1) R_c + R_B + (\beta+1) R_E}{\beta}$$

$$\Delta V_{BE} = -\Delta I_c \cdot \frac{R_B + (\beta+1)(R_c + R_E)}{\beta}$$

$$S(V_{BE}) = -\frac{\Delta I_c}{\Delta V_{BE}} = \frac{-\beta}{R_B + (\beta+1)(R_c+R_E)}$$

$$S(V_{BE}) = -0{,}114 \cdot 10^{-3}$$



لدينا الدارة المبينة جانباً والتي فيها:

$R_C = 1.5\ k\Omega$

$R_E = 1\ k\Omega$

$R_1 = 10\ k\Omega$

$R_2 = 30\ k\Omega$

$R_3 = 100\ k\Omega$

$R_4 = 22\ k\Omega$

$R_5 = 4{,}7\ k\Omega$

$R_6 = 8\ k\Omega$

$R_7 = 20\ k\Omega$

$C = 1\ \mu F$

$V_{BE} = 0{,}7\ V$

$\beta = 100$

والمطلوب حساب إحداثيات نقطة العمل للدارة.

الحل:

أولاً: لن نرى تيار مستمر في المقاومة R_6 بسبب وجود المكثف C_2 لذلك لن ندخل في الحساب

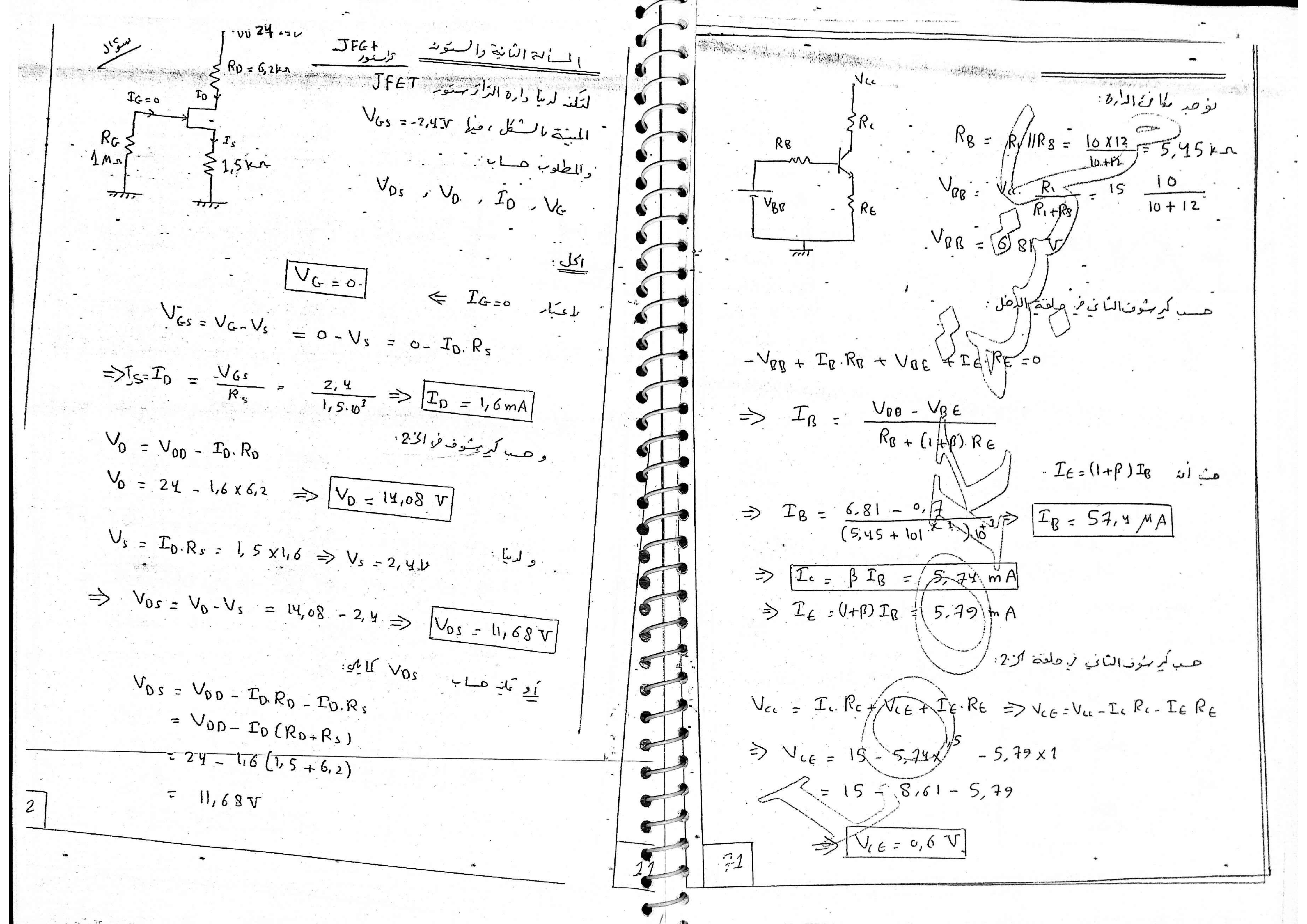
ثانياً: " " " " R_3 " " " C_1 " " "

ثالثاً: الفرع الذي يحوي R_4 و R_5 (على التسلسل) نهايته هي الأرضي ونهايته هي الأرضي لذلك لن يدخل في الحساب

رابعاً: لدينا R_7 و R_2 على التوازي ⟸

$$R_8 = R_2 // R_7 = 20 // 30$$
$$R_8 = 12\ k\Omega$$

ونعيد رسم الدارة بعد كل ما سبق لتصبح كالشكل التالي:



سؤال

المسألة الثانية والسؤال JFET ترانزستور

لتكن لدينا دارة الترانزستور JFET المبينة بالشكل، فيها $V_{GS} = -2,4V$

والمطلوب حساب:

V_{DS} ، V_D ، I_D ، V_G

الحل:

باعتبار $I_G = 0 \Leftarrow$ $\boxed{V_G = 0}$

$V_{GS} = V_G - V_s = 0 - V_s = 0 - I_D . R_s$

$\Rightarrow I_S = I_D = \frac{-V_{GS}}{R_s} = \frac{2,4}{1,5.10^3} \Rightarrow \boxed{I_D = 1,6mA}$

وحسب كيرشوف في الخرج:

$V_D = V_{DD} - I_D . R_D$

$V_D = 24 - 1,6 \times 6,2 \Rightarrow \boxed{V_D = 14,08 V}$

ولدينا:

$V_s = I_D . R_s = 1,5 \times 1,6 \Rightarrow V_s = 2,4V$

$\Rightarrow V_{DS} = V_D - V_s = 14,08 - 2,4 \Rightarrow \boxed{V_{DS} = 11,68 V}$

أو نحسب V_{DS} كالتالي:

$V_{DS} = V_{DD} - I_D . R_D - I_D . R_s$

$= V_{DD} - I_D (R_D + R_s)$

$= 24 - 1,6 (1,5 + 6,2)$

$= 11,68 V$

2

نوجد مكافئ الدارة:

$R_B = R_1 // R_2 = \frac{10 \times 12}{10 + 12} = 5,45 k\Omega$

$V_{BB} = V_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 15 \frac{10}{10 + 12}$

$V_{BB} = 6,81 V$

حسب كيرشوف الثاني في حلقة الدخل:

$-V_{BB} + I_B . R_B + V_{BE} + I_E . R_E = 0$

$\Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (1+\beta) . R_E}$

حيث أن $I_E = (1+\beta) I_B$

$\Rightarrow I_B = \frac{6.81 - 0,7}{(5,45 + 101 \times 1) . 10^{3}} \Rightarrow \boxed{I_B = 57,4 \mu A}$

$\Rightarrow \boxed{I_c = \beta I_B = 5,74 mA}$

$\Rightarrow I_E = (1+\beta) I_B = 5,79 mA$

حسب كيرشوف الثاني في حلقة الخرج:

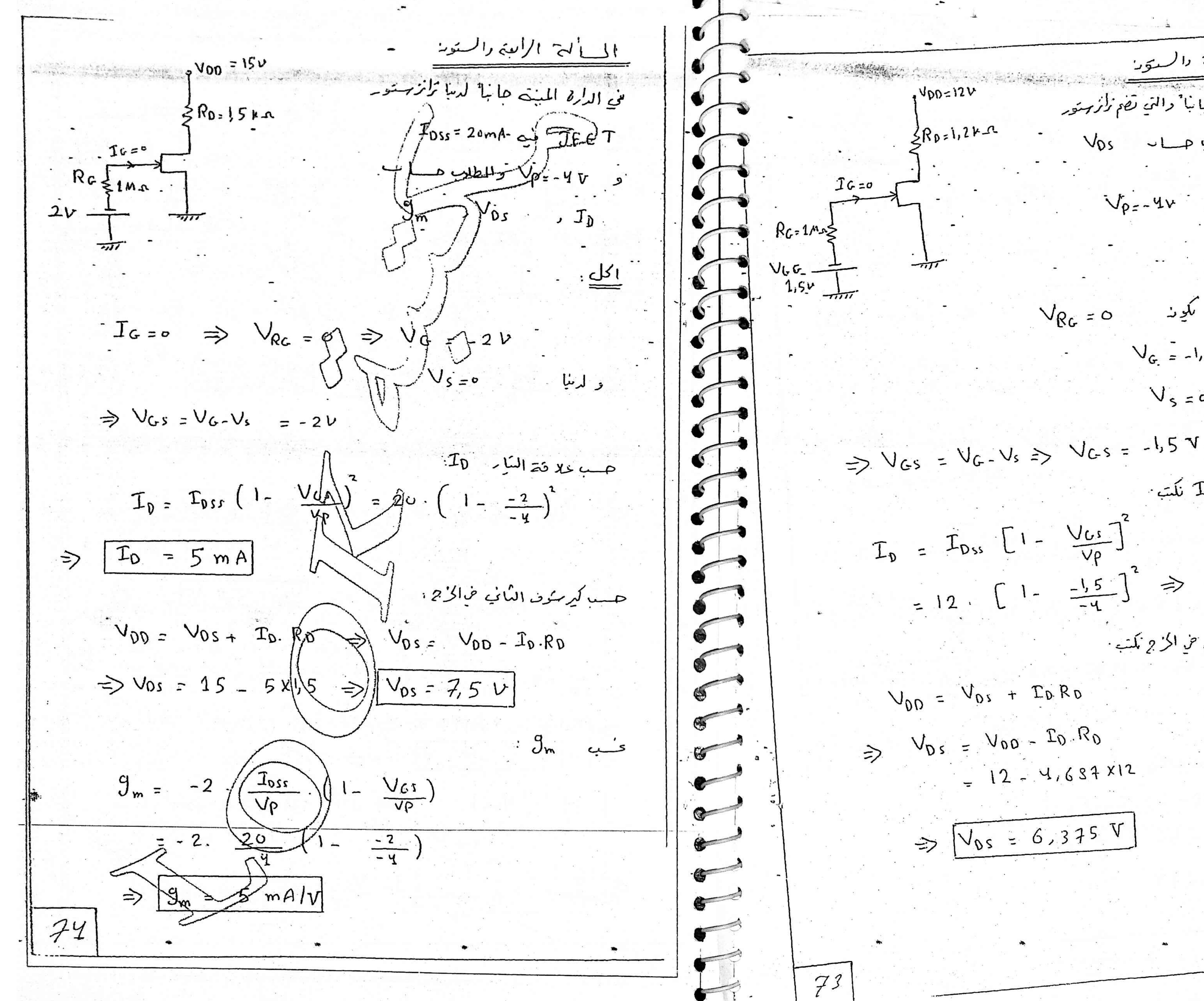
$V_{cc} = I_c . R_c + V_{CE} + I_E . R_E \Rightarrow V_{CE} = V_{cc} - I_c R_c - I_E R_E$

$\Rightarrow V_{CE} = 15 - 5,74 \times 1,5 - 5,79 \times 1$

$= 15 - 8,61 - 5,79$

$\Rightarrow \boxed{V_{CE} = 0,6 V}$

21



المسألة الثالثة والستون

لدينا الدارة المبينة جانباً والتي تضم ترانزستور JFET والمطلوب حساب V_{DS} علماً أنه: $V_P=-4V$ و $I_{DSS}=12\,mA$

الحل:

باعتبار $I_G=0$ يكون $V_{RG}=0$

و يكون $V_G=-1,5\,V$

ولدينا $V_S=0$

$\Rightarrow V_{GS}=V_G-V_S \Rightarrow V_{GS}=-1,5\,V$

من علاقة التيار I_D نكتب:

$$I_D = I_{DSS}\left[1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right]^2 = 12\cdot\left[1-\frac{-1,5}{-4}\right]^2 \Rightarrow I_D = 4,687\,mA$$

حسب كيرشوف الثاني في الخرج نكتب:

$V_{DD} = V_{DS} + I_D R_D$

$\Rightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D\cdot R_D = 12 - 4,687\times 12$

$\Rightarrow \boxed{V_{DS} = 6,375\,V}$

73

المسألة الرابعة والستون

في الدارة المبينة جانباً لدينا ترانزستور JFET فيه $I_{DSS}=20mA$ و $V_P=-4V$ والمطلوب حساب g_m ، V_{DS} ، I_D

الحل:

$I_G=0 \Rightarrow V_{RG}=0 \Rightarrow V_G=-2V$

ولدينا $V_S=0$

$\Rightarrow V_{GS}=V_G-V_S=-2V$

حسب علاقة التيار I_D:

$$I_D = I_{DSS}\left(1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 = 20\cdot\left(1-\frac{-2}{-4}\right)^2$$

$\Rightarrow \boxed{I_D = 5\,mA}$

حسب كيرشوف الثاني في الخرج:

$V_{DD} = V_{DS} + I_D\cdot R_D \Rightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D\cdot R_D$

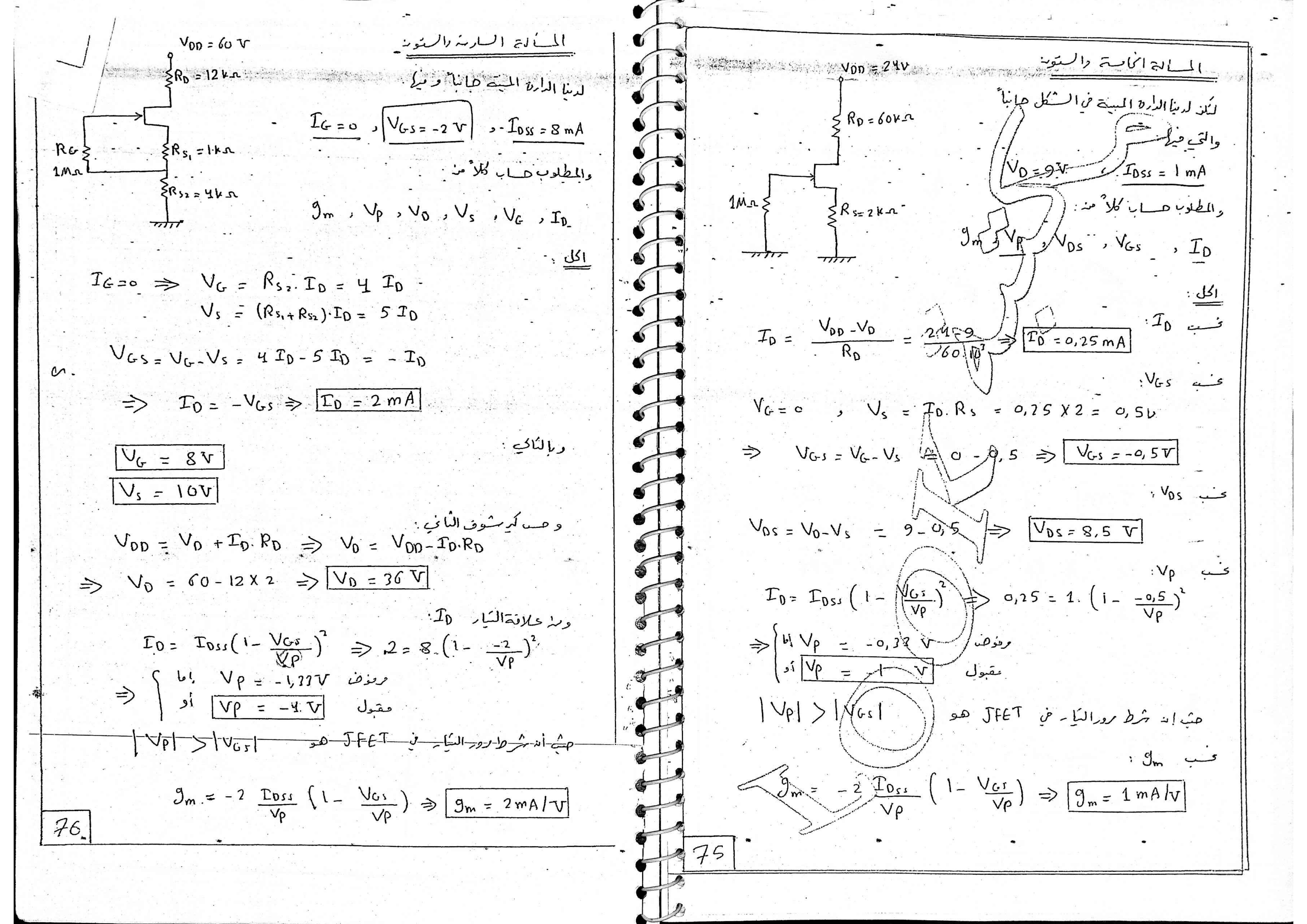
$\Rightarrow V_{DS} = 15 - 5\times 1,5 \Rightarrow \boxed{V_{DS} = 7,5\,V}$

نحسب g_m:

$$g_m = -2\left(\frac{I_{DSS}}{V_P}\right)\left(1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right) = -2\cdot\frac{20}{4}\left(1-\frac{-2}{-4}\right)$$

$\Rightarrow \boxed{g_m = 5\,mA/V}$

74



المسألة الخامسة والستون

لتكن لدينا الدارة المبينة في الشكل جانباً والتي فيها: $V_D = 9V$ ، $I_{DSS} = 1\,mA$

والمطلوب حساب كلاً من: g_m ، V_P ، V_{DS} ، V_{GS} ، I_D

الحل:

نحسب I_D:

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = \frac{24-9}{60 \cdot 10^3} \Rightarrow \boxed{I_D = 0,25\,mA}$$

نحسب V_{GS}:

$$V_G = 0 \quad , \quad V_S = I_D \cdot R_S = 0,25 \times 2 = 0,5V$$

$$\Rightarrow V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 0,5 \Rightarrow \boxed{V_{GS} = -0,5V}$$

نحسب V_{DS}:

$$V_{DS} = V_D - V_S = 9 - 0,5 \Rightarrow \boxed{V_{DS} = 8,5\,V}$$

نحسب V_P:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \Rightarrow 0,25 = 1 \cdot \left(1 - \frac{-0,5}{V_P}\right)^2$$

$\Rightarrow$ إما $V_P = -0,33\,V$ مرفوض
أو $\boxed{V_P = -1\,V}$ مقبول

حيث إن شرط مرور التيار في JFET هو $|V_P| > |V_{GS}|$

نحسب g_m:

$$g_m = -2\frac{I_{DSS}}{V_P}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) \Rightarrow \boxed{g_m = 1\,mA/V}$$

المسألة السادسة والستون

لدينا الدارة المبينة جانباً وفيها: $I_G = 0$ ، $\boxed{V_{GS} = -2V}$ ، $I_{DSS} = 8\,mA$

والمطلوب حساب كلاً من: g_m ، V_P ، V_D ، V_S ، V_G ، I_D

الحل:

$$I_G = 0 \Rightarrow V_G = R_{S_2} \cdot I_D = 4\,I_D$$
$$V_S = (R_{S_1} + R_{S_2}) \cdot I_D = 5\,I_D$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 4\,I_D - 5\,I_D = -I_D$$

$$\Rightarrow I_D = -V_{GS} \Rightarrow \boxed{I_D = 2\,mA}$$

وبالتالي:

$$\boxed{V_G = 8V}$$
$$\boxed{V_S = 10V}$$

وحسب كيرشوف الثاني:

$$V_{DD} = V_D + I_D \cdot R_D \Rightarrow V_D = V_{DD} - I_D \cdot R_D$$

$$\Rightarrow V_D = 60 - 12 \times 2 \Rightarrow \boxed{V_D = 36\,V}$$

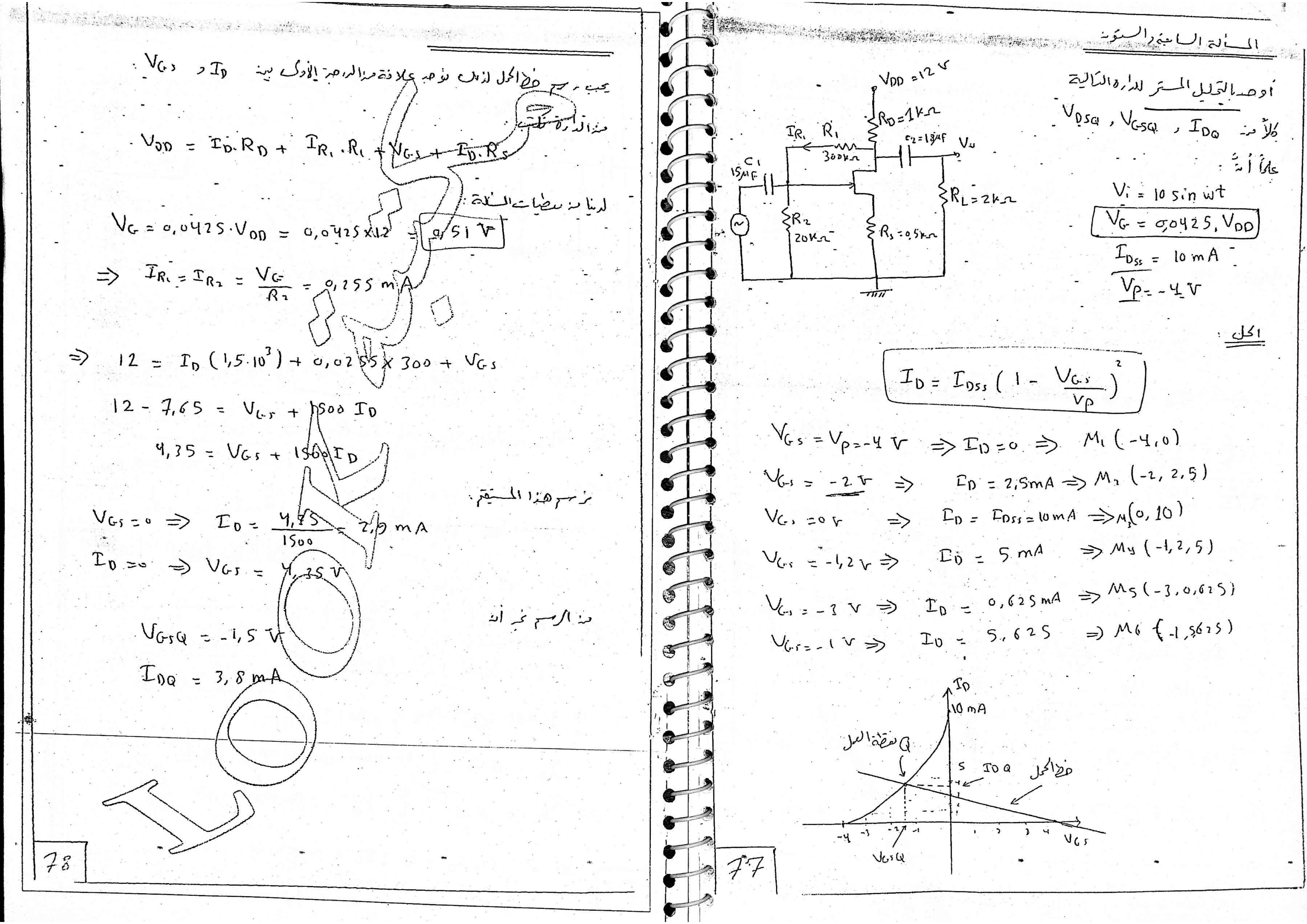
ومن علاقة التيار I_D:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \Rightarrow 2 = 8 \cdot \left(1 - \frac{-2}{V_P}\right)^2$$

$\Rightarrow$ إما $V_P = -1,33V$ مرفوض
أو $\boxed{V_P = -4\,V}$ مقبول

~~حيث إن شرط مرور التيار في JFET هو $|V_P| > |V_{GS}|$~~

$$g_m = -2\frac{I_{DSS}}{V_P}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) \Rightarrow \boxed{g_m = 2\,mA/V}$$



المسألة السابعة والستون

أوجد التحليل المستمر للدارة التالية

كلاً من: I_{DQ} , V_{GSQ} , V_{DSQ}

علماً أنّ:

$V_i = 10 \sin \omega t$

$V_G = 0{,}0425 . V_{DD}$

$I_{DSS} = 10\ mA$

$V_P = -4\ V$

الحل:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$V_{GS} = V_P = -4\ V \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow M_1(-4, 0)$

$V_{GS} = -2\ V \Rightarrow I_D = 2{,}5 mA \Rightarrow M_2(-2, 2{,}5)$

$V_{GS} = 0\ V \Rightarrow I_D = I_{DSS} = 10 mA \Rightarrow M_3(0, 10)$

$V_{GS} = -1{,}2\ V \Rightarrow I_D = 5\ mA \Rightarrow M_4(-1{,}2{,}5)$

$V_{GS} = -3\ V \Rightarrow I_D = 0{,}625 mA \Rightarrow M_5(-3, 0{,}625)$

$V_{GS} = -1\ V \Rightarrow I_D = 5{,}625 \Rightarrow M_6(-1, 5{,}625)$

يجب رسم خط الحمل لذلك نوجد علاقة من الدرجة الأولى بين I_D و V_{GS}:

من الدارة نكتب:

$V_{DD} = I_D . R_D + I_{R_1} . R_1 + V_{GS} + I_D . R_S$

لدينا من معطيات المسألة:

$V_G = 0{,}0425 . V_{DD} = 0{,}0425 \times 12 = 0{,}51\ V$

$\Rightarrow I_{R_1} = I_{R_2} = \frac{V_G}{R_2} = 0{,}255\ mA$

$\Rightarrow 12 = I_D(1{,}5 . 10^3) + 0{,}0255 \times 300 + V_{GS}$

$12 - 7{,}65 = V_{GS} + 1500\ I_D$

$4{,}35 = V_{GS} + 1500\ I_D$

نرسم هذا المستقيم:

$V_{GS} = 0 \Rightarrow I_D = \frac{4{,}35}{1500} = 2{,}9\ mA$

$I_D = 0 \Rightarrow V_{GS} = 4{,}35\ V$

من الرسم نجد أن

$V_{GSQ} = -1{,}5\ V$

$I_{DQ} = 3{,}8\ mA$

المسألة الثانية والستون

في الدارة المبينة جانباً لدينا ترانزستور JFET قناة n فيه: $V_p = -4V$ ، $I_{DSS} = 8 mA$

V_{in} ، $1\mu F$ ، $1M\Omega$ ، $R_D = 1,5k\Omega$ ، $R_S = 1,2k\Omega$ ، $20V$ ، I_D

والمطلوب ..

1) احسب إحداثيات نقطة العمل

2) احسب الاستطاعة المسحوبة من منبع التغذية .

الحل

$I_G = 0$, $I_D = I_S$, $V_G = 0$, $V_S = +I_D \cdot R_S$

$\Rightarrow V_{GS} = V_G - V_S = 0 - I_D \cdot R_S \Rightarrow \boxed{V_{GS} = -I_D \cdot R_S}$

ولدينا العلاقة

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

نعوض V_{GS} في هذه العلاقة .

$$\Rightarrow I_D = I_{DSS}\left(1 + \frac{I_D \cdot R_S}{V_P}\right)^2$$

$$I_D = 8 \cdot 10^{-3}\left(1 + \frac{1200}{-6} \cdot I_D\right)^2$$

$$I_D = 8 \cdot 10^{-3}\left(1 - 200 I_D\right)^2$$

$$I_D = 8 \cdot 10^{-3}\left[1 - 400 I_D + 40000 I_D^2\right]$$

$$I_D = 8 \cdot 10^{-3} - 3,2 I_D + 320 I_D^2$$

$$\Rightarrow 320 I_D^2 - 4,2 I_D + 8 \cdot 10^{-3} = 0$$

$\Delta = 17,64 - 10,24 = 7,4 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 2,72$

$$I_{D_1} = \frac{4,2 + 2,72}{2 \times 320} = 10,8 mA$$

$$I_{D_2} = \frac{4,2 - 2,72}{2 \times 320} = 2,312 mA$$

نلاحظ أن لدينا قيمتين لـ I_D .

القيمة الأولى $I_{D_1} = 10,8 mA$ مرفوضة لأنها لا تحقق شرط مرور التيار في JFET حيث عندها تكون

$$V_{GS_1} = -I_D \cdot R_S = -10,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 10^3 = -12,96 V$$

وهذه القيمة لا تحقق العلاقة

$$|V_P| > |V_{GS}|$$

أما القيمة الثانية : $I_{D_2} = 2,312 mA$ فهي مقبولة حيث عندها تكون :

$$V_{GS_2} = -I_D \cdot R_S = -2,312 \times 10^{-3} \times 1,2 \times 10^{+3} = -2,774 V$$

وهذه القيمة تحقق الشرط

$$|V_P| > |V_{GS}|$$

إذاً قيمة I_D المقبولة هي :

$$\boxed{I_{D_Q} = 2,312 mA}$$

وقيمة V_{GS} المقبولة هي :

$$\boxed{V_{GS_Q} = -2,77 V}$$

نحسب قيمة V_{DS_Q} من كيرشوف الثاني على حلقة D2 :

$$V_{DD} = V_{DS} + I_D(R_D + R_S)$$

$$\Rightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S)$$

$$= 20 - 2,312 \cdot (1200 + 1500) \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{DS} = 13,757 V}$$

إذاً إحداثيات نقطة العمل هي:

$$Q(V_{DS}, I_D, V_{GS}) = (13{,}75\,V,\ 2{,}312\,mA,\ -2{,}77\,V)$$

c) الاستطاعة المسحوبة من وحدة التغذية

$$P_{dc} = I_{DQ} \cdot V_{DD}$$

$$P_{dc} = 2{,}312 \times 10^{-3} \times 20$$

$$\boxed{P_{dc} = 46{,}24\ mW}$$